

# UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
Departamento de Estomatología IV



“COMPARACIÓN DE MEDIDAS EN  
ORTOPANTOMOGRFÍAS (2D) VERSUS TOMOGRAFÍA  
COMPUTERIZADA DE HAZ CÓNICO (3D) EMPLEADAS  
PARA DETERMINAR LA DIFICULTAD Y DURACIÓN  
DEL TRATAMIENTO DE CANINOS MAXILARES  
PERMANENTES INCLUIDOS”



# MÁSTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS TRABAJO FIN DE MÁSTER

PRESENTADO POR:

**Elena Martínez Madero**

Bajo la dirección de la doctora

**Concepción Martín Álvaro**

Madrid, 2015

**“COMPARACIÓN DE MEDIDAS EN  
ORTOPANTOMOGRAFÍAS (2D) VERSUS TOMOGRAFÍA  
COMPUTERIZADA DE HAZ CÓNICO (3D) EMPLEADAS  
PARA DETERMINAR LA DIFICULTAD Y DURACIÓN  
DEL TRATAMIENTO DE CANINOS MAXILARES  
PERMANENTES INCLUIDOS”**

Máster en Ciencias Odontológicas  
Trabajo de investigación que presenta:

**Elena Martínez Madero**

Director  
**Concepción Martín Álvaro**

Departamento de Estomatología IV (Ortodoncia, Odontopediatria y  
Odontología Preventiva y Comunitaria)  
Facultad de Odontología  
Universidad Complutense de Madrid  
Madrid 2015

# **CERTIFICADO DE TUTORIZACIÓN DE CONCHITA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de este trabajo:

A la Dra. Concepción Martín Álvarez, directora de este Trabajo de Investigación, gran científica y mejor persona, que confió en mí desde el inicio del máster ofreciéndome la posibilidad de ampliarlo a una futura tesis doctoral, y me ofreció toda la ayuda y dedicación necesaria para poder llevar a cabo este trabajo.

A Enrique Plata, ortodoncista, por cederme estudios de radiografías panorámicas y CBCTs de sus pacientes con caninos incluidos así como la información necesaria de las mismas para poder realizar este estudio. Su disposición y ayuda ha sido esencial a la hora de establecer los protocolos para llevar a cabo las medidas de los caninos incluidos.

Al Dr Ricardo Ortega Aranegui, por su ayuda para convertir todas las ortopantomografías a un formato DICOM y por cederme los datos necesarios sobre los aparatos radiográficos usados para la obtención de las radiografías panorámicas y de los CBCTs de la Universidad Complutense de Madrid.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1-28</b>
1.1. Caninos incluidos:	
1.1.1. Etiología	1-3
1.1.2. Prevalencia	3-5
1.1.3. Factores de riesgo	5-9
1.1.4. Consecuencias de la impactación del canino	9-10
1.1.5. Diagnóstico:	
1.1.5.1. Diagnóstico Clínico	10-12
1.1.5.2. Diagnóstico Radiográfico	12-16
1.2. Técnica radiográfica en el diagnóstico de caninos incluidos: Radiografía panorámica y Cone-Beam Tomography Computerized.	17-21
1.3. Estudios diagnósticos con radiografía panorámica y con CBCTs.	
Comparación	21-28
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>29-31</b>
<b>3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS</b>	<b>32</b>
3.1. Hipótesis nula y alternativa	
3.2. Objetivos	
3.2.1. Objetivo general	
3.2.2. Objetivos específicos	

<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>33-50</b>
4.1. Tipo de diseño	33
4.2. Sujetos participantes. Tamaño muestral.	34
4.3. Principios éticos	35
4.4. Material y métodos	36-38
4.5. Variables analizadas	39-46
4.6. Recogida de los datos, manejo y análisis estadístico	46-50
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>51-72</b>
5.1. Estadística descriptiva	51-53
5.2. Estadística inferencial	53-72
5.2.1. Pruebas de normalidad	53
5.2.2. Concordancia inter e intraobservador	54-59
5.2.3. Análisis de Passing y Bablock	60-72
<b>6. DISCUSIÓN</b>	<b>73-95</b>
6.1. .Discusión de nuestro material y métodos	73-81
6.1.1. Sujetos participantes	73-75
6.1.2. Tamaño muestral	75
6.1.3. Tipo de aparatología usada	76-77
6.1.4. Variables analizadas	78-81
6.2. .Discusión de nuestros resultados	81-86
6.2.1. Concordancia intra e interobservador	81-83
6.2.2. Analisis de Passing y Bablock	83-86
6.3. Discusión con otros estudios	87-95
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>97-103</b>

## **ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS**

- 2D: 2 Dimensiones.
- 3D: 3 Dimensiones.
- OPG: Ortopantomografía o Radiografía panorámica.
- CBCTS: “Cone- Beam Computed tomography”. Tomografía Computerizada de Haz Cónico.
- TC: Tomografía Computerizada.
- M-D: Mesiodistal.
- MV: Mesiovestibular.
- IC: Incisivos centrales.
- IL: Incisivos laterales.



# **1. INTRODUCCIÓN**

## **2. JUSTIFICACIÓN**

### **3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

## **5. RESULTADOS**

## **6. DISCUSIÓN**

## **7. CONCLUSIONES**

## **8. BIBLIOGRAFÍA**



## 1. INTRODUCCIÓN

Un diente incluido o retenido es aquel diente que se encuentra en una posición anómala a nivel intraóseo después del momento en que debía haber erupcionado <sup>(1),(2),(3)</sup>. Además, pierde su capacidad de erupción cuando su ápice se termina de formar<sup>(4)</sup>. Otros términos como enclavamiento e impactación se refieren a dientes retenidos a nivel submucoso, habiendo perforado ya el techo óseo suprayacente<sup>(3),(5)</sup>.

En función de la situación y posición de ese diente incluido podemos diferenciar entre dientes ectópicos, cercanos a su lugar de erupción y dientes heterotópicos, en una situación más alejada de su lugar de erupción<sup>(5)</sup>. Si el diente incluido cruza la línea media mandibular o maxilar lo denominamos transmigración <sup>(3)</sup>. Sólo se ha observado un caso en la literatura en la que la posición del canino maxilar incluido sobrepasaba la línea media<sup>(5)</sup>.

Una de las consecuencias de la posición ectópica del diente es la retención del mismo<sup>(6)</sup>. En la mayoría de las ocasiones en los que los caninos se encuentran en una posición ectópica se produce la retención de los mismos<sup>(3)</sup>. La retención o inclusión del canino puede estar causado por una multitud de factores locales y sistémicos que influyen en su trayectoria, así como factores genéticos que predisponen a su desplazamiento del lugar de erupción.

### 1.1. *Caninos incluidos: Etiología , Prevalencia, Factores de riesgo y Diagnóstico.*

#### 1.1.1. Etiología

La etiología de los caninos incluidos maxilares es desconocida, ya que no existe una sola teoría capaz de explicar la inclusión de los caninos <sup>(7),(8)</sup>. Se han propuesto dos teorías para explicar la prevalencia de los caninos incluidos: la teoría de la guía canina (“the guidance theory”) y la teoría genética<sup>(9)</sup>.

**Teoría de la guía canina:** Se trata de una teoría multifactorial que explica por qué el canino maxilar queda retenido más frecuentemente que el resto de dientes<sup>(10)</sup>. Se basa en la existencia de factores locales que influyen en el desarrollo pre-eruptivo de los caninos produciendo un desplazamiento de los mismos, y alterando su posterior erupción<sup>(5)</sup>. Cualquiera de estos factores que afecte al folículo del canino maxilar permanente puede cambiar su dirección de erupción y contribuir a su retención<sup>(7)</sup>. La presencia de un procesos patológicos tales como supernumerarios, quistes, odontomas,

trasposiciones y la retención del canino temporal de forma anómala pueden actuar como mecanismos mecánicos que interfieren en el camino de erupción del canino, favoreciendo su retención<sup>(5),(8),(9)</sup>.

Según esta teoría, uno de los factores principales causantes de la retención de caninos maxilares es el exceso de espacio en la región apical del canino maxilar permanente durante su erupción<sup>(11)</sup>. Este exceso de espacio se debe a la existencia de aplasia o hipoplasia de los incisivos laterales<sup>(3)</sup>. Esta teoría soporta que fundamentalmente son los caninos desplazados a nivel palatino aquellos que se encuentran asociados a la presencia de agenesia o microdoncia de los incisivos laterales. Según algunos estudios, hasta el 47,7% de los pacientes con caninos incluidos en palatino presentaban agenesia o microdoncia de los incisivos laterales<sup>(9),(12),(13)</sup>. Aunque estas anomalías que presentan los incisivos laterales estén determinadas genéticamente, esta teoría de la guía canina defiende que el desplazamiento hacia palatino de los caninos no tiene una causa genética, ya que ocurre como resultado de las alteraciones ambientales del desarrollo de los incisivos y de otros factores locales<sup>(14)</sup>. Chaushu<sup>(15)</sup> y cols defienden también la influencia de los factores ambientales como la principal causa del desplazamiento de los caninos hacia palatino. Estudiaron la prevalencia de caninos incluidos en pacientes con incisivos laterales microdónticos en una hemiarcada, teniendo incisivos sin anomalías en la arcada contralateral, que se mantenía como lado control. Demostraron que la prevalencia de los caninos desplazados hacia palatino era significativamente mayor en la hemiarcada donde los pacientes presentaban incisivos laterales microdónticos frente a la hemiarcada donde no los presentaban. Esto indicaba la influencia de factores ambientales en la etiología de la inclusión de los caninos por palatino fundamentalmente.

Esta teoría estudia también otros factores locales como el apiñamiento y el déficit de la longitud de la arcada, aunque se asocian con las impactaciones caninas por vestibular<sup>(6)</sup>.

**Teoría genética:** Se origina como crítica de las teorías que defienden el origen de la impactación canina por factores mecánicos<sup>(16)</sup>. Peck defiende que la permanencia anómala del canino temporal no es la causa de la retención del canino permanente sino una consecuencia del mismo. Además, niega la existencia de una relación causa-efecto entre la existencia de anomalías del incisivo lateral (agenesia, aplasia, microdoncia) y la retención del canino, ya que cree que son condiciones que coexisten y se producen al

mismo tiempo como consecuencia de un mecanismo mayor que los controla, la genética. Cree que existe una predisposición genética que causa alteraciones en la lámina dental y consecuentemente produce alteraciones dentales, destacando entre ellas la impactación de los caninos maxilares <sup>(3),(6)</sup>. Aún así, la base genética que explica el desplazamiento palatino de los caninos maxilares no excluye la influencia ocasional de factores ambientales en la posición del canino <sup>(16)</sup>.

La teoría genética es además propuesta por otros autores como Baccetti <sup>(6),(17),(18)</sup> que relaciona la impactación de caninos maxilares con un complejo genético que controla la expresión de otras alteraciones dentales de tamaño, forma, número y estructura <sup>(16)</sup>. La frecuencia de los caninos maxilares incluidos aumenta con la existencia de otras anomalías dentarias genéticas concomitantes con la impactación del canino, tales como el síndrome incisivo-molar, aplasia o agenesia de los segundos premolares, infraoclusión de molares temporales, hipoplasia del esmalte e incluso angulaciones distales de los segundos molares mandibulares <sup>(9),(17),(19),(20)</sup>. Sin embargo, otras alteraciones dentales (dientes supernumerarios y la erupción ectópica de los primeros molares permanentes) no se asociaban a la inclusión de caninos maxilares permanentes <sup>(6)</sup>.

Peck y cols <sup>(21)</sup> encuentran una asociación significativa entre la presencia de caninos desplazados hacia palatino y agenesia de los terceros molares. Relacionan por tanto, algunos factores de transcripción, tales como MSX1 y PAX9 asociados con la agenesia de los terceros molares, con el desplazamiento de los caninos hacia palatino. Además de Peck, Nieri y Baccetti también encuentran una asociación significativa entre las impactaciones caninas por palatino bilaterales con agenesias de terceros molares, mientras que las impactaciones de caninos unilaterales se asociaban a aplasias de los incisivos laterales. Con ello, demuestran la relación entre la etiología genética y el desplazamiento e inclusión de los caninos maxilares de forma bilateral <sup>(6),(22),(23)</sup>.

Además de los sucesos de impactaciones bilaterales de caninos por palatino, existen otras evidencias que defienden el origen genético de las inclusiones de caninos maxilares tales como: existencia de historia familiar previa, diferencias entre diversas poblaciones (siendo más frecuente el desplazamiento e inclusión del canino hacia palatino en la población europea) y diferencias entre sexos (dimorfismo sexual) <sup>(3),(6),(16)</sup>. <sup>(10)</sup> Las impactaciones caninas por palatino eran más frecuentes en mujeres que en varones con un radio 3:1, lo que indica el papel de los cromosomas sexuales en la

etiología del desorden<sup>(16)</sup>. Además, la severidad de la lesión siempre sigue el mismo patrón genético<sup>(6),(22)</sup>.

### 1.1.2. Prevalencia

El canino maxilar es el segundo diente después de los terceros molares mandibulares más frecuentemente impactado, entre pacientes que requieren tratamiento ortodóncico<sup>(7-9),(24-26)</sup>. El 13,9% de todos los dientes en posición ectópica son caninos maxilares<sup>(27)</sup>, siendo el 78% terceros molares. La prevalencia de caninos maxilares impactados en la población es del 0,2% al 2,8% según algunos autores<sup>(10),(22),(28)</sup>, mientras que según otros, fluctúa entre el 0,8 y el 5,2%<sup>(3),(6),(18)</sup>. Kokich define la prevalencia de los caninos impactados entre un 1% y un 2,5% de la población general<sup>(24)</sup>. Según Saphira la prevalencia de caninos maxilares impactados en la población general era del 2%, siendo 20 veces mayor que la prevalencia de caninos mandibulares que era del 0,1%<sup>(3),(5)</sup>.

También se han observado diferencias de prevalencia de la existencia de caninos maxilares incluidos en diferentes poblaciones<sup>(6)</sup>. En algunos estudios se observa una mayor prevalencia de caninos maxilares impactados en la raza caucásica, afectando al 2-3% de la población<sup>(1)</sup>. Además la prevalencia es 5 veces mayor en poblaciones caucásicas comparado con poblaciones asiáticas<sup>(29)</sup>.

Respecto al sexo, la prevalencia de caninos incluidos varía según diferentes autores aunque siempre es mayor en mujeres<sup>(3),(5),(26)</sup>. Según algunos autores<sup>(22), (30)</sup> el ratio hombre:mujer de caninos maxilares incluidos es de 1:3, mientras que otros autores como Richardson, Leonardi, Ngan y Rossini y Bishara definen un ratio hombre:mujer de 1:2<sup>(6-10),(28)</sup>.

Con respecto a la localización del canino maxilar impactado, en general las impactaciones por palatino son más frecuentes que las impactaciones por vestibular<sup>(3),(26),(27),(31)</sup>. Algunos autores<sup>(24)</sup> han encontrado que 2/3 de los caninos maxilares están impactados por palatino. Otros autores describen esta proporción en porcentajes que varían desde el 40-80%: Sudhakar demuestra que el 44% de los pacientes de su estudio presentaban caninos incluidos por palatino<sup>(32)</sup>. Según Nieri<sup>(22)</sup>, el 70,23% de los caninos maxilares impactados presentaban localización palatina; mientras que Richardson<sup>(9)</sup> demuestra que un 85% de los caninos maxilares incluidos se encontraban a nivel palatino, llegando a ser tres veces más frecuentes las inclusiones por

palatino que a nivel vestibular. Esto se puede deber a que la resistencia para atravesar la mucosa palatina y el hueso palatino es mayor, por lo que la mayor parte de los caninos dirigidos o inclinados hacia palatino frecuentemente quedan impactados<sup>(9),(10)</sup>. Solamente en un estudio de población asiática, las retenciones de caninos eran mas frecuentes por vestibular<sup>(33)</sup>, relacionándose con el déficit de espacio a nivel maxilar en este tipo de población.

Son más frecuentes las inclusiones unilaterales<sup>(7),(9),(20)</sup> con diferentes porcentajes según los estudios: en el estudio de Nieri<sup>(22)</sup>, el 74,4% de las inclusiones de los caninos maxilares eran unilaterales, siendo el 53,57% de las inclusiones del lado derecho y sólo el 46,42% del lado izquierdo. Las inclusiones bilaterales palatinas son menos frecuentes, describiéndose como el 8% de las impactaciones de caninos<sup>(3)</sup> y suelen estar relacionadas con una etiología genética<sup>(10)</sup>.

### 1.1.3. Factores de riesgo

Existen una serie de factores genéticos, sistémicos y locales que pueden contribuir a la impactación de los caninos maxilares<sup>(7)</sup> basados en las teorías etiológicas que se han discutido previamente:

Factores genéticos: Peck and Peck encontraron que las impactaciones de caninos fundamentalmente bilaterales tendían a ocurrir en familias, sugiriendo un patrón familiar genético predisponente a la retención de los caninos<sup>(16),(26)</sup>. También relaciona la presencia de impactación de caninos con otras alteraciones dentales como agenesia de premolares o ectopia de los primeros molares<sup>(20),(21)</sup>. Además se asocia la presencia de caninos incluidos con otras maloclusiones hereditarias como el síndrome clase II división segunda, que es una maloclusión asociada a un aumento del diámetro transversal del maxilar, a una sobremordida y a la presencia de incisivos laterales microdónticos, signos que pueden considerarse a su vez como factores de riesgo locales para que el canino maxilar quede impactado<sup>(34)</sup>. Baccetti y cols<sup>(23)</sup> encuentran una asociación entre pacientes braquifaciales y un aumento de desplazamiento hacia palatino de los caninos maxilares, aumentando su probabilidad de retención<sup>(35)</sup>.

Factores sistémicos: Existen alteraciones sistémicas como problemas febriles, déficits endocrinos e irradiación que se asocian con retenciones dentarias<sup>(7),(10)</sup>. Algunos síndromes como la fisura labio palatina, el síndrome de Gardner y la disostosis cleidocraneal suelen presentar con mayor frecuencia caninos maxilares impactados<sup>(26),(29),(36)</sup>.

Factores locales:

- **Camino largo y tortuoso del canino maxilar para erupcionar:** Otro aspecto a tener en cuenta es la zona de desarrollo del canino maxilar. El canino maxilar se desarrolla en la zona alta del maxilar cerca de la órbita, lateral a la fosa piriforme. Desde esa localización, el canino tiene que atravesar un largo camino hasta erupcionar en la arcada dental y llegar a su posición de oclusión<sup>(3),(9),(10)</sup>. Por ello es más fácil que actúen sobre el desplazamiento del mismo, factores locales que impiden su erupción<sup>(9)</sup>. La duración y la complejidad del camino de erupción del canino son por tanto factores que influyen en la impactación de los caninos maxilares<sup>(18)</sup>.
- **Exceso o defecto de espacio en la arcada superior<sup>(26,27)</sup>:** Algunos autores<sup>(8)</sup> creen que el grado de apiñamiento en la arcada dental determina la posición de los caninos y su posibilidad de impactación. Además al ser el último diente en erupcionar, el canino maxilar permanente suele tener menor espacio en la arcada para erupcionar, siendo más frecuente su impactación<sup>(8)</sup>. Por ello se ha estudiado la relación entre la longitud de la arcada y las impactaciones caninas<sup>(11)</sup>. Jacoby encuentra que el 85% de los caninos impactados por palatino tienen espacio suficiente para erupcionar en la arcada, mientras que sólo el 17% de los caninos impactados por vestibular tienen espacio para erupcionar en la arcada. Esto sugiere que el déficit de longitud de arcada es un factor causante de la impactación de los caninos por vestibular<sup>(11)</sup>. Además, otros autores como Al-Nimri<sup>(37)</sup> y Yan<sup>(38)</sup> encuentran una asociación entre un aumento de la anchura transversal del arco dental y el número de impactaciones caninas por palatino, relacionando por tanto un déficit de la anchura transversal de la arcada con impactaciones vestibulares y un exceso de la anchura transversal con impactaciones por palatino. Otros autores como

Langberg y Peck<sup>(39)</sup> no encontraron diferencias entre dos grupos con diferente anchura de arcada y el tipo de impactación canina.

- **Retención prolongada del canino temporal:** Basado en la creencia de que la persistencia del canino temporal representa un obstáculo para la erupción del canino permanente, muchos autores han definido la eficacia de la extracción del canino temporal como tratamiento interceptivo para prevenir la impactación de los caninos maxilares permanentes<sup>(9)</sup>. Según Ericson y Kurol, tras la extracción de los caninos temporales, el 78% de los caninos maxilares permanentes que se encontraba incluidos por palatino presentaron una mejora en su posición y posterior erupción<sup>(30), (40)</sup>. Baccetti en 2008 incorpora un grupo control y observa una prevalencia de éxito del 62.5% de erupción de caninos maxilares permanentes tras la extracción de los caninos temporales<sup>(18)</sup>. Además el uso de aparatología tras la extracción del canino que impedía la mesialización de molares superiores y mantenía el espacio para la erupción del mismo mejoraba la tasa de éxito de la erupción de los caninos<sup>(6), (18)</sup>. Sin embargo, la efectividad al usar la expansión rápida del maxilar asociada a la extracción del canino temporal, demostró tener una prevalencia de éxito(65.7%) similar a la prevalencia demostrada por Ericson y Kurol<sup>(30)</sup> sin el uso posterior de aparatología. Además, el uso de aparatología no influía en el tiempo de erupción del canino permanente, ya que éste tarda una media de 20 meses en erupcionar tras la extracción del canino temporal, se use o no aparatología adicional, aunque puede ser un factor importante para aumentar el espacio disponible en la arcada<sup>(6)</sup>.
- **Obstáculos en la erupción del canino: tales como quistes u odontomas:** Muchos autores<sup>(10), (26), (27)</sup> defienden que la existencia de obstáculos mecánicos tales como quistes y odontomas pueden interferir en el camino de erupción del canino maxilar, favoreciendo su impactación. Yan y cols<sup>(38)</sup> encontraron asociación entre la retención de caninos por vestibular y la retención de incisivos adyacentes.

- **Alteraciones o traumas que ocurrieron durante el desarrollo de la dentición** <sup>(10),(27)</sup>: Esta teoría estaría relacionada con el desplazamiento del germen del canino de su trayectoria correcta de erupción<sup>(41)</sup>.
- **Falta de estructuras que guíen la erupción del canino:** Las coronas de los caninos permanentes maxilares se encuentran íntimamente relacionados con las raíces de los incisivos laterales<sup>(10)</sup>. Parece ser que la presencia de la raíz del incisivo lateral con la longitud adecuada permite guiar el camino mesial del canino hacia una dirección más distoincisal (que es más favorable para la erupción del canino) <sup>(10)</sup>. La influencia de los incisivos laterales en la erupción de los caninos permanentes se puede entender estudiando el desarrollo de los caninos permanentes. A los 8 años aproximadamente los caninos se encuentran angulados mesialmente con su corona ligeramente vestibular y distal al incisivo lateral. El canino sigue un camino mesial siguiendo la raíz del incisivo lateral hasta alcanzar la cara distal del mismo. Posteriormente comienza a enderezarse en una posición más vertical. Si hay ausencia de los incisivos laterales o alteraciones de su formación, el canino erupcionará en una dirección mesial hasta conseguir alcanzar el diente adyacente, en este caso , el incisivo central, produciéndose su impactación<sup>(7)</sup>. Pueden existir diferentes alteraciones de los incisivos laterales que favorezcan la impactación de los caninos maxilares:
  - La disminución de la longitud de la raíz del incisivo lateral: Como se menciona anteriormente, la falta de guía para la erupción de los caninos presentada por las raíces de los dientes adyacentes (incisivos laterales) es un factor local que favorece la impactación de los caninos maxilares<sup>(3)</sup>. Becker demostró que había mayor cantidad de retenciones de caninos maxilares en los casos en los que la longitud radicular de los incisivos laterales estaba disminuida. Al no tener una guía de erupción los caninos quedan impactados<sup>(42)</sup>.
  - Agnesia o microdoncia de los incisivos laterales: La probabilidad de tener caninos impactados era 2,4 veces mayor en los pacientes con agnesia de incisivos laterales en comparación con la población general<sup>(20),(29)</sup>. Yan relaciona una migración mesio palatina del canino



que da lugar a una retención por palatino cuando hay alteraciones del incisivo lateral adyacente<sup>(38)</sup>. Relaciona la agenesia o microdoncia de los incisivos laterales con un aumento de la prevalencia de retenciones por palatino en la población asiática<sup>(38)</sup>.

- **Posición anormal del germen del canino**<sup>(10),(27)</sup>.
- **Anquilosis del canino permanente**<sup>(27)</sup>.
- **Grosor de la encía, densidad del hueso adyacente al canino:** Las características del tejido óseo y gingival a nivel vestibular suelen permitir al canino posicionarse de forma vertical y erupcionar por sí mismo, aunque a veces es necesario tracción ortodóncica. Por otro lado, la cúspide de los caninos no es capaz de atravesar la cortical densa del hueso palatino y la mucosa palatina gruesa, por lo que los caninos impactados por palatino suelen erupcionar en posición horizontal y suelen requerir tracción ortodóncico-quirúrgica para su erupción, por eso son impactaciones más frecuentes <sup>(9), (10),(24)</sup>. Si eliminamos mediante cirugía estos elementos, el canino erupcionará en el paladar .

#### 1.1.4. Consecuencias de la impactación del canino

Existen secuelas causadas por la retención de los caninos maxilares tales como la migración de los dientes adyacentes (disminuyendo la longitud de la arcada), la formación de quistes dentígeros asociados a los caninos impactados, reabsorciones internas del canino impactado así como reabsorciones radiculares externas de los dientes adyacentes, infecciones y dolor<sup>(10)</sup>.

En cuanto a las reabsorciones producidas por la inclusión de los caninos, el 12,5 % de los caninos incluidos causaban algún tipo de reabsorción en los dientes adyacentes. Además las reabsorciones eran frecuentemente unilaterales, ( sin preferencia de lado izquierdo o derecho) y eran más frecuentes en el sexo femenino con un ratio 12:1 con respecto al sexo masculino<sup>(30)</sup> .

Si dejamos un canino maxilar impactado sin diagnosticar ni tratar, este se desplazará en dirección mesial dirigiéndose hacia una posición que dificultará su posterior tratamiento ortodóncico, aumentando el riesgo de la reabsorción radicular de los dientes adyacentes y la formación de quistes<sup>(18),(20),(30)</sup>. Normalmente la reabsorción radicular del incisivo lateral produce poco dolor y una ligera movilidad del mismo aunque más de 2/ 3 de la raíz del diente estén afectadas. Esta condición patológica se suele diagnosticar tarde (media 12.5 años) después de haberse producido un gran daño en el incisivo<sup>(30)</sup>. Con el fin de evitar estas complicaciones es necesario llevar a cabo un seguimiento del desarrollo de estos dientes durante el crecimiento y el desarrollo del niño para establecer un diagnóstico precoz que nos permita obtener un tratamiento adecuado para cada caso<sup>(10)</sup>.

#### 1.1.5. Diagnóstico

La elaboración de un buen diagnóstico precoz de la posición ectópica de los caninos maxilares permitirá elegir el tratamiento más adecuado en cada caso, reduciendo así el tiempo, coste y complejidad de tratamiento y evitando las complicaciones asociadas a la retención de los caninos (como la reabsorción de los incisivos laterales)<sup>(8),(9),(40)</sup>. El diagnóstico y la localización del canino maxilar incluido incluye un diagnóstico clínico y radiográfico<sup>(26)</sup>.

##### 1.1.5.1. Diagnóstico Clínico:

Se lleva cabo mediante la inspección y la palpación.

- **Inspección:** El primer signo de erupción ectópica de los caninos es la ausencia clínica de los caninos en boca, en un momento en el que los caninos deberían haber erupcionado. El momento de erupción del canino se ha relacionado con la edad cronológica, siendo frecuente su erupción en edades entre los 8 y 13 años según el sexo<sup>(1),(7),(8)</sup>. La edad de erupción de los caninos es más temprana en mujeres (10,98 años de media) que en varones (11,69 años) existiendo variaciones de 3-4 años entre diferentes autores<sup>(1),(7),(6),(26)</sup>. Es esencial considerar el desarrollo de su raíz, ya que en el momento previo a la formación completa de la raíz (11-12 años), aumenta

la probabilidad de que el canino se desplace y migre, pudiendo quedar retenido<sup>(5),(9),(26-27)</sup>. Además, una vez que tiene lugar la formación completa de la raíz del canino maxilar, el canino pierde su capacidad eruptiva, por lo que si el canino no ha erupcionado cuando la raíz se ha formado completamente, podemos hablar de canino retenido<sup>(26),(27)</sup>. Sin embargo la correlación entre la edad cronológica y la edad dental es pobre, por lo que algunos autores usan otros factores como la edad ósea para diagnosticar la impactación de los caninos<sup>(13),(43)</sup>. Baccetti relaciona la erupción del canino con la edad esquelética del paciente. El canino maxilar puede erupcionar en cualquier estadio del desarrollo prepuberal o puberal cerca del estadio cervical C5. Un año después de esta etapa, que ocurre aproximadamente un año después del pico de crecimiento puberal, un canino no erupcionado y en posición ectópica puede ser definido como canino incluído<sup>(6)</sup>.

Para considerar la impactación del canino maxilar, además de su presencia clínica en la boca se deben considerar parámetros clínicos dependientes de cada paciente como: la cantidad de espacio de la arcada dental para el canino no erupcionado, la morfología y posición de los dientes adyacentes (que pueden presentar una inclinación a distal o palatino si el canino se encuentra incluído)<sup>(10),(26)</sup>, el contorno del hueso alveolar, la presencia de caninos temporales anquilosados y la asimetría en la exfoliación y erupción de los caninos maxilares<sup>(7)</sup>. También podemos observar otras anomalías dentarias tales como odontomas, quistes y/o supernumerarios que estén influyendo en la erupción del canino maxilar permanente<sup>(7),(9)</sup> o incluso alteraciones asociadas a la impactación de caninos como aplasia, microdoncia o agenesia de incisivos laterales y/o de segundos premolares, infraoclusión de molares temporales e hipoplasias del esmalte<sup>(21),(39)</sup>.

En función de las posibles causas de la retención del canino elegiremos diferente terapéutica como: expansión de la arcada, extracción de los caninos temporales, extracción de los caninos permanentes, extracción de odontomas...<sup>(7)</sup>.

- **Palpación:** consiste en palpar la mucosa vestibular y palatina usando los dedos índices de ambas manos simultáneamente<sup>(9),(20)</sup>. Se puede palpar la eminencia de los caninos un año y medio antes de la edad en que deberían erupcionar<sup>(9),(20)</sup>. En función del desarrollo dental y de la maduración biológica de los pacientes, se puede comenzar a diagnosticar un canino incluido mediante la ausencia de abultamiento en pacientes de 10 años aproximadamente<sup>(9),(20),(26)</sup>. Bishara defiende empezar a palpar la presencia de abultamientos a nivel de la eminencia canina a la edad de 14-15 años<sup>(10)</sup>, ya que a edades tempranas (menores de 10 años) los caninos todavía se localizan en posiciones altas<sup>(9),(44)</sup>. Cuando la palpación no provee ninguna información sobre la localización del canino, ésta debe ser determinada mediante el uso de radiografías<sup>(7)</sup>.

#### 1.1.5.2. Diagnóstico radiográfico

En pacientes con retraso en la erupción de los caninos, el procedimiento diagnóstico está limitado en la mayoría de los casos a una inspección clínica y palpación del proceso alveolar, considerando además el desarrollo oclusal y la maduración de cada individuo<sup>(10),(45)</sup>. Algunos autores<sup>(8)</sup> refieren que tan sólo el 7-10% de los niños con posible retención de los caninos maxilares, necesitan un examen radiológico como prueba complementaria, es decir, el diagnóstico radiográfico se indica sólo cuando existen signos clínicos que indican la posibilidad de que haya una impactación de los caninos<sup>(27)</sup>. Ericson y Kuroi<sup>(30)</sup> justificaron el uso de radiografías en los siguientes casos:

- 1) Si existía asimetría de erupción entre el lado derecho e izquierdo<sup>(30)</sup>.
- 2) Si no se podían palpar los caninos a edades en las que éstos deberían estar erupcionando o haber erupcionado<sup>(26)</sup>.
- 3) Si existía un retraso o alteración en la trayectoria de erupción del incisivo lateral<sup>(30)</sup>.
- 4) Si existía historia familiar previa de caninos incluidos<sup>(26)</sup>.

Las radiografías se usan para determinar la posición de los caninos incluidos y sus relaciones con los dientes adyacentes<sup>(45)</sup>. En función de la posición del canino incluido, podremos elegir diferentes tratamientos, adecuados a la dificultad del caso y para mejorar el pronóstico del mismo <sup>(9),(24)</sup>. Por otro lado se contraindicaba el uso de radiografías en pacientes menores de 10 años<sup>(26)</sup>, ya que se consideraba que a estas edades las imágenes radiográficas no aportaban más información que el diagnóstico clínico<sup>(18)</sup>.

Existe gran variedad de técnicas radiográficas que se han empleado en el diagnóstico de caninos maxilares incluidos: una única **radiografía periapical** permite una representación bidimensional del canino tanto a nivel mesiodistal como a nivel vertical<sup>(10)</sup>. Para evaluar la posición vestibulo-lingual del canino, se debe realizar una segunda radiografía periapical usando la técnica de Clark. En 1987, Ericson y Kurol conseguían conocer con éxito la posición de hasta un 92% de los caninos incluidos mediante el uso de radiografías periapicales y la técnica de Clark, defendiendo su utilidad en pacientes mayores de 10 años<sup>(30)</sup>. A pesar de la técnica de Clark y la realización de diferentes proyecciones, las radiografías periapicales no daban suficiente información sobre la dirección e inclinación vestibulo-lingual de los caninos incluidos<sup>(45)</sup>. Algunos autores comprobaron que esta técnica permitía diagnosticar con exactitud sólo el 68% de los caninos, siendo su sensibilidad del 69% para diagnosticar caninos impactados por palatino<sup>(46)</sup>. Además, esta técnica por sí sola no permitía diagnosticar las reabsorciones de los dientes adyacentes<sup>(30)</sup> ni tampoco detectar caninos maxilares incluidos en posición horizontal cercanos al suelo de la cavidad nasal<sup>(5)</sup>. Con el fin de diagnosticar con mayor exactitud la localización del canino incluido se comenzaron a usar otras proyecciones complementarias a las radiografías periapicales: **radiografías oclusales, telerradiografías y radiografías panorámicas**<sup>(28),(45)</sup>.

Ngan y Ericson y Kurol fueron algunos de los primeros en usar **radiografías oclusales** para determinar la posición de los caninos incluidos en función a la línea media<sup>(9),(30)</sup>. Este tipo de radiografías eran útiles para pacientes poco colaboradores que abrieran poco la boca o con poco desarrollo del proceso alveolar. Permitían conocer la posición del canino en la arcada dental con mayor exactitud que las radiografías periapicales y ayudaban a determinar la posición vestibulo-lingual de los caninos impactados cuando se usaban junto con radiografías periapicales<sup>(10)</sup>. Según Johnston y Burden<sup>(46)</sup>, la combinación de la radiografía panorámica con la radiografía oclusal permitía diagnosticar hasta el 83% de los caninos incluidos, siendo mayor la sensibilidad para diagnosticar caninos incluidos por palatino que por vestibular (63%)<sup>(46)</sup>. Además, este tipo de radiografías no proporcionaba información sobre la posición vertical del canino incluido<sup>(7)</sup>.

Las **radiografías frontales y laterales** comenzaron a ser de ayuda en el diagnóstico de caninos maxilares incluidos para determinar su relación con otras estructuras faciales tales como el seno maxilar o el suelo de las fosas nasales<sup>(10)</sup>. Sambataro sugirió el uso de radiografías anteroposteriores para identificar la posición espacial del canino en el periodo de dentición mixta primera fase. Relacionó el aumento de la longitud anteroposterior del maxilar y la posición de la corona del canino incluido hacia la línea media sagital con un aumento de la probabilidad de la alteración en el camino eruptivo del canino<sup>(47)</sup>. Además, defendía que el grado de distorsión en la parte anterior de la radiografía era mínimo si se usaba de forma adecuada. Sin embargo, debido a la radiación extra a la que había que someter al paciente, este tipo de radiografías se recomendaron sólo para aquellos pacientes con otras anomalías dentales que se asociaran a una alta prevalencia de caninos maxilares impactados<sup>(47)</sup>. Williams también usaba radiografías frontales en las que observaba la relación del eje del canino con la pared de la cavidad nasal<sup>(48)</sup>.

Las **telerradiografías** se usaban también para determinar la posición anteroposterior de los caninos incluidos, así como su inclinación y su localización vertical en el alveolo <sup>(9),(18),(26),(30)</sup>. Sin embargo, el diagnóstico de caninos maxilares impactados en palatino mediante telerradiografías podía ser ejecutado sólo cuando existía un desplazamiento severo del canino hacia estructuras mediales faciales<sup>(6)</sup>.

La **radiografía panorámica** es la técnica más usada en la práctica diaria para realizar un examen general del maxilar, de la mandíbula y de la dentición<sup>(28)</sup>. Además, en el diagnóstico de caninos incluidos, permite conocer la relación de los mismos con estructuras adyacentes, aunque no determina con certeza la posición del canino maxilar en relación con el incisivo lateral<sup>(30)</sup>.

Las radiografías convencionales bidimensionales han permitido obtener imágenes radiográficas satisfactorias y su uso se ha indicado en casos de sospecha de impactación del canino por signos clínicos<sup>(5)</sup>. Sin embargo, la exactitud del diagnóstico de estas técnicas radiográficas bidimensionales presenta muchas limitaciones, tales como errores debido a la distorsión, magnificación, imágenes borrosas y estructuras superpuestas<sup>(28),(45)</sup>. Además, las técnicas radiográficas bidimensionales carecen de la exactitud necesaria para conocer el tipo, grado y localización de las reabsorciones de los incisivos laterales<sup>(9)</sup>.

Con el fin de suplir estos defectos, se comenzó a usar la **tomografía computarizada (TC)**. Este método permitía una visualización tridimensional, más precisa de las relaciones de los caninos incluidos con estructuras adyacentes. Sin embargo, el aumento del tiempo de exposición y la cantidad de radiación que recibían los pacientes así como su elevado coste, impedían que se usara de forma rutinaria, indicándose fundamentalmente en determinados casos, en los que se sospechaba reabsorción de raíces de incisivos laterales<sup>(9),(28),(45)</sup>. En 1987, Ericson y Kurol indicaban el uso de TC para el 29% de los

pacientes con caninos incluidos en los que no era posible determinar si existía reabsorción mediante técnicas radiográficas convencionales <sup>(30)</sup>, siendo necesario valorar el ratio beneficio-riesgo que suponía para el paciente el uso de esta técnica<sup>(7)</sup>.

Con la introducción a finales de los 90 de la **Tomografía Computerizada de Haz Cónico** (Cone Beam Computed Tomography-CBCT), las ventajas derivadas de las imágenes en 3D, se obtenían con menor coste y radiación que anteriormente con la TC<sup>(28),(45),(49)</sup>. El CBCT genera datos en 3D usando una fuente única de rayos X que rota alrededor del paciente y un panel detector<sup>(45)</sup>. Esta técnica difiere de los escáneres de TC donde se obtenían múltiples cortes que se unían para obtener una imagen completa en 3D<sup>(45)</sup>. La eficacia del CBCT y su uso en el ámbito dentofacial ha sido ampliamente reconocido por gran cantidad de investigadores<sup>(45),(50)</sup>. En 1999, Arai desarrolló un aparato de CBCT cuya dosis de radiación era hasta 12 veces menor que la obtenida con TC hasta el momento y conseguía mayor resolución de las imágenes<sup>(49)</sup>. Aún así, tenía una resolución de contraste baja y su reducido campo de radiación solo permitía obtener imágenes de campos pequeños, por lo que se usaba en el diagnóstico de lesiones dentales de hasta 30mm en tejidos duros<sup>(49)</sup>. En la práctica actual la localización de los caninos maxilares incluidos, así como la evaluación de la reabsorción de incisivos laterales puede ser mejorada usando información a partir de imágenes en 3D<sup>(28),(50),(51)</sup>. Además el CBCT se considera como una indicación clara para el diagnóstico de caninos incluidos<sup>(33)</sup>.



## ***1.2 Técnicas radiográficas en el diagnóstico de caninos incluidos: radiografía panorámica y Tomografía Computerizada de Haz Cónico (Cone-Beam Tomography Computerized- CBCT).***

A lo largo de la historia, se han desarrollado diferentes métodos y mediciones en radiografías para determinar la dificultad y duración de tratamiento del canino maxilar. Se han establecido diferentes variables radiográficas visibles que se han usado para:

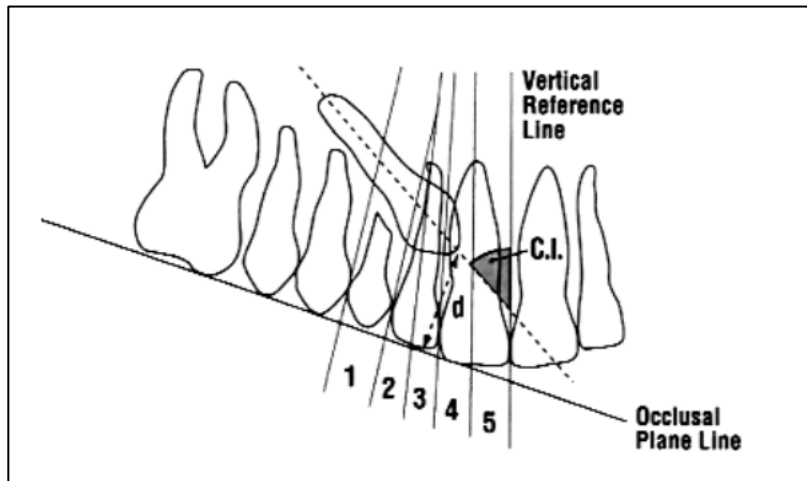
1. Determinar la probabilidad de la erupción espontánea de los caninos maxilares incluidos y elegir el tratamiento adecuado. Por ejemplo la inclinación del canino observada radiográficamente permitirá determinar la técnica quirúrgica más apropiada para el tratamiento del canino maxilar incluido así como la forma de tracción del mismo<sup>(45),(52)</sup>. La elección del mejor tratamiento ortodóncico-quirúrgico del canino incluido determinará el estado periodontal final del canino y de los dientes adyacentes<sup>(24)</sup>.
2. Predecir el resultado de tratamientos precoces basados en la extracción del canino temporal y el mantenimiento del espacio hasta la erupción del canino incluido. Por ejemplo, si la corona del canino incluido no ha pasado el eje longitudinal del incisivo lateral (sector 3), la extracción del canino temporal puede ser un buen método para redirigir la posición del canino incluido<sup>(18),(24)</sup>.
3. Predecir la duración y el grado de dificultad del tratamiento ortodóncico para reposicionar el canino incluido en la arcada<sup>(2)</sup>. Crescini utiliza una fórmula teórica para predecir la duración del tratamiento ortodóncico en caninos impactados. En esta fórmula se introducen las variables obtenidas en la radiografía panorámica (sector, distancia al plano oclusal y angulación del canino incluido) y otras variables como la edad y sexo de los pacientes. Respecto a la distancia, el sector y la angulación del canino se demostró que influían directamente en la duración del tratamiento.

## **Técnicas 2D: Radiografía Panorámica - Ortopantomografía(OPG)**

Ericson y Kurol <sup>(30),(40)</sup> definieron la posición mesiodistal del canino según el sector en el que se encuentra a su cúspide y relacionaron ese sector en el que se encontraba el canino incluido con la duración de tratamiento. La posición mesiodistal del canino(M-D) influirá en el diagnóstico y posterior tratamiento del mismo, considerando como inclusiones más severas aquellas en las que hay mayor desplazamiento M-D del canino con respecto a su eje<sup>(3)</sup>. Los caninos con cuya cúspide se encuentre en los sectores 1 ó 2, distal al incisivo lateral se consideran fáciles de tratar, comparados con aquellos con la cúspide en los sectores 3-5.

Otros autores como Stewart<sup>(53)</sup>, relacionaron la dificultad y duración del tratamiento de los caninos incluidos con su posición vertical. Determinaron la distancia existente entre la cúspide del canino maxilar incluido al plano oclusal (plano que une la cúspide MV del primer molar con el borde incisal del incisivo central). Cuando esta distancia era menor de 14 mm, Stewart demostró una menor duración del tratamiento (media de 23,8 meses) en comparación con aquellos caninos cuya distancia al plano oclusal era mayor de 14mm , cuya duración del tratamiento era mayor ( media de 31,1 meses). Los caninos por tanto, más alejados del plano oclusal, tenían peor pronóstico, mayor dificultad y duración de tratamiento.

Crescini y cols<sup>(22)</sup> estudiaron la angulación del canino incluido, midiendo ángulo alfa (ángulo entre el eje longitudinal del canino maxilar incluido y la línea media que pasa entre los incisivos centrales). Crescini determinó la dificultad y duración del tratamiento de los caninos incluidos en función a este ángulo. Por cada 5 ° de apertura del ángulo, se requería una semana más de tratamiento del canino incluido. Por ello, cuando el ángulo alfa tenía mayor valor, la inclusión canina era más difícil de tratar y la posibilidad de éxito de erupción del canino incluido tras la extracción del temporal era mucho menor<sup>(40),(22)</sup>. Zuccati <sup>(54)</sup> demostró un aumento del tiempo en el sillón dental directamente proporcional a la distancia y al sector del canino impactado, e inversamente proporcional al ángulo alfa.



*Stewart JA, Heo G, Glover KE, Williamson PC, Lam EWN, Major PW. Factors that relate to treatment duration for patients with palatally impacted maxillary canines. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.2001;119(3):216–25.*

Otros autores como Katsnelson<sup>(55)</sup> relacionaron otro ángulo con la posición anteroposterior del canino incluído. En su caso establecían un ángulo entre el eje del canino y el plano oclusal (plano que une las cúspides MV de los primeros molares superiores). En este estudio mostraron que un canino cuya angulación era mayor a 65° tenía 26,6 veces más probabilidades de estar retenido por vestibular que por palatino. Debido al espesor del hueso palatino y la encía en esa zona los caninos retenidos por palatino no se pueden posicionar verticalmente y suelen tener una posición más horizontal en el paladar presentando una angulación menor de 65° según este ángulo<sup>(55)</sup>. Wang y cols<sup>(56)</sup> observaron una baja sensibilidad de este método, ya que conseguía un diagnóstico correcto de tan solo el 28,57% de los caninos retenidos por vestibular.

Para realizar las mediciones en la radiografía panorámica se debe tener en cuenta la existencia de magnificación para medidas horizontales. Además, cuando el objeto a radiografiar se encuentra fuera del pasillo focal se produce mayor magnificación y distorsión del mismo<sup>(25),(56),(57)</sup>. La magnificación en una radiografía panorámica se relaciona con la distancia existente entre el objeto a radiografiar(canino) y la fuente de radiación(aparato de rayos X); el canino cercano a la fuente de radiación(canino retenido por vestibular) genera una imagen mayor que el canino alejado de la misma(canino retenido por palatino)<sup>(56)</sup>. Además, la exactitud de la OPG en las mediciones en la parte anterior del maxilar es limitada, por lo que la ortopantomografía demostró no ser del todo fiable para determinar la posición exacta del canino incluído en el arco dental ni para diagnosticar la existencia de reabsorciones de los dientes

adyacentes. Su uso está indicado para tener una vista panorámica de la boca antes de empezar el tratamiento ortodóncico<sup>(30)</sup>. Por último, pueden existir superposiciones de los dientes adyacentes y rotaciones de los propios caninos que influyen a la hora de determinar la localización del canino<sup>(25)</sup>.

### **Técnicas 3D: Tomografía Computerizada de Haz Cónico(CBCT).**

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías en 3D, se han desarrollado también índices que permiten cuantificar la dificultad y duración del tratamiento de caninos incluidos basados en mediciones de imágenes 3D, al igual que se desarrollaron diferentes mediciones en 2D descritas anteriormente. El índice KPG se desarrolló para estandarizar el diagnóstico de caninos maxilares incluidos y predecir el grado de dificultad de tratamiento de los mismos<sup>(58)</sup>. Este índice representa el primer índice que usa las tres dimensiones del espacio para entender la relación espacial del diente incluido con las estructuras y dientes adyacentes así como para determinar su posición exacta<sup>(58)</sup>. El índice KPG determina la posición de la cúspide y la raíz del canino incluido en CBCT en las tres dimensiones del espacio. En el eje X de la vista panorámica del CBCT se determina la posición Mesiodistal de la cúspide y la raíz del canino incluido. De forma similar, la posición vertical de la cúspide y de la raíz del canino incluido en relación con su posición normal se mide en el eje Y. El eje Z se visualiza en cortes axiales; las distancias medidas de forma perpendicular desde la posición de la cúspide y de la raíz del canino incluido a la línea oclusal en intervalos de 2mm permite conocer la severidad de la retención en este eje. Esta dimensión transversal es de particular interés ya que no se puede observar en las radiografías panorámicas<sup>(59)</sup>. La suma de todas las mediciones puede oscilar entre 0-30 y determinará la dificultad de tratamiento de cada canino incluido de forma particular: si la suma es de 0-10, se considera como canino de fácil tratamiento, siendo moderado si la sumatoria es de 10-14, difícil de 15 a 19 y extremadamente difícil cuando la sumatoria excede 20<sup>(58)</sup>. Posteriormente, este índice se modificó con el fin de conseguir un mayor acuerdo entre la percepción clínica del caso y la determinación de dificultad conseguida con el índice KPG<sup>(59)</sup>. Se consideraban como fáciles de tratar aquellos caninos cuya puntuación era de 0-7, siendo moderada cuando la sumatoria era de 7-14<sup>(59)</sup>. Las restantes categorías no se modificaron.

Mediante algunos estudios, se determinó el índice KPG como herramienta diagnóstica para valorar la duración y dificultad de tratamiento de caninos incluidos<sup>(60)</sup>. Las ventajas que proporcionan las imágenes en 3D pueden ser aprovechadas usando el índice KPG para estimar el tiempo necesario para llevar el canino incluido a la arcada<sup>(60)</sup>. Este índice KPG ha sido probado como método eficaz y fácil para clasificar los caninos incluidos en base a su posición y su posterior dificultad de tratamiento.

### ***1.3 Estudios diagnósticos con radiografía panorámica y con CBCTs. Comparación .***

Debemos plantearnos qué tipo de diagnóstico radiográfico puede diagnosticar con mayor exactitud la localización de los caninos maxilares incluidos consiguiendo el máximo beneficio y el mínimo daño para el paciente<sup>(25),(27)</sup>.

A nivel cualitativo, la radiografía panorámica es el método estándar diagnóstico en ortodoncia. Con baja dosis de radiación provee una imagen general de la situación del maxilar y de la mandíbula, de la articulación temporo-mandibular y estructuras adyacentes<sup>(25),(27)</sup>. Puede ser usado, por tanto, para confirmar la sospecha de diagnóstico de un canino incluido<sup>(27)</sup>. En muchas ocasiones, la impactación de caninos maxilares se diagnostica de forma casual tras un examen rutinario con este tipo de radiografías<sup>(25),(27)</sup>. Sin embargo, la localización de los caninos impactados puede ser un reto cuando se realiza con métodos radiográficos en 2D debido a la superposición de estructuras y artefactos<sup>(45),(50),(61)</sup>. La existencia de factores de confusión en este tipo de radiografías tales como alargamiento de las estructuras, distorsión y problemas dependientes del posicionamiento del paciente que pueden afectar a la calidad de la imagen aumentan el riesgo de malinterpretación de las imágenes por el clínico<sup>(62)</sup>.

Una alternativa al uso de las radiografías panorámicas ha sido el uso de radiografías en 3D. El desarrollo de nuevas técnicas radiográficas en 3D se han establecido en muchas áreas médicas, destacando su importancia en el área odontológica, para especialidades como la implantología, la endodoncia, la cirugía ortognática y la ortodoncia<sup>(28),(50),(63)</sup>. La información obtenida con la TC es mayor comparado con otros métodos radiográficos como la radiografía panorámica o las radiografías periapicales, por ello la tomografía computerizada ha estado cada vez más disponible y reconocida como importante herramienta de diagnóstico en

odontología. Un diagnóstico radiográfico en 3D obtiene un volumen de información que puede ser usado para localizar el canino incluido dentro sin las limitaciones de la visualización de superposiciones de las radiografías en 2D<sup>(64)</sup>. El diagnóstico con 3D consigue mayor precisión y exactitud a la hora de diagnosticar la posición del canino<sup>(25),(27),(51),(61),(64)</sup>. Además, permiten conocer características asociadas al canino incluido: el tamaño del folículo, la inclinación de su eje, su posición vestíbulo-lingual, la cantidad de hueso que lo cubre, así como la proximidad y las condiciones de los dientes adyacentes (reabsorciones)<sup>(66)</sup>. Con la introducción de la Tomografía Computerizada de Haz Cónico (CBCT), las desventajas de la TC disminuyeron (alto coste e irradiación): delimitándose el área irradiada, así como la dosis de radiación<sup>(28)</sup> y, disminuyendo el riesgo de irradiación para los pacientes<sup>(8)</sup>. Aún así, aunque la dosis de radiación efectiva del CBCT es menor que la obtenida con el TC, sigue siendo mayor que la radiación de las radiografías panorámicas<sup>(33)</sup>. Los beneficios a largo plazo que suponen para el paciente y la mejora en la precisión del diagnóstico y tratamiento justifican el aumento del riesgo de radiación de los CBCT<sup>(33)</sup>. Por ello, a pesar de la controversia generada por la generalización del uso del CBCT en Odontología se ha llegado al consenso que su aplicación en el diagnóstico de dientes incluidos es una indicación clara, incluso en pacientes jóvenes en crecimiento<sup>(33)</sup>.

Cuando se evalúa la posición de los dientes incluidos, todos los estudios coinciden que el CBCT permite identificar con mayor exactitud tanto los caninos incluidos como los dientes adyacentes: incisivos laterales y premolares<sup>(27),(51)</sup>. Determinar la localización tanto del ápice como de la corona del canino incluido es de gran importancia clínica ya que la información de la posición exacta de ambos es necesaria cuando se va a realizar una exposición quirúrgica de la corona, así como para definir el vector de tracción a aplicar al ápice del canino<sup>(45),(62)</sup>.

A nivel anteroposterior, Haney<sup>(67)</sup> demuestra que existe hasta un 16% de desacuerdo a la hora de localizar los caninos maxilares incluidos entre imágenes en 2D y las imágenes obtenidas en 3D. Las imágenes en 3D localizan con mayor precisión tanto el ápice como la corona del canino incluido ya que se pueden observar secciones del corte axial para observarlo<sup>(45)</sup>. Wriedt<sup>(27)</sup> observa que la posición del canino maxilar impactado es la misma en el 64% de los casos

comparando radiografías panorámicas y CBCT, siendo peor la precisión de las imágenes 2D para evaluar la posición de caninos impactados a nivel vestibular. Botticelli y cols<sup>(45)</sup> también observan que la radiografía en 2D diagnosticaba una mayor cantidad de caninos incluidos en posición palatina, mientras que las imágenes en 3D permitían diagnosticar caninos incluidos en posiciones vestibulares. La gran cantidad de caninos incluidos situados en palatino diagnosticados mediante la radiografía panorámica podría ser debida a la falsa proyección de las imágenes 2D de los caninos en palatino cuando la mayoría de ellos se encontraban en la mitad del alveolo<sup>(45)</sup>.

A nivel vertical, tanto Botticelli<sup>(45)</sup> como Wriedt<sup>(27)</sup> observan la tendencia a diagnosticar en una posición más apical los caninos incluidos mediante las imágenes de las OPG. Según Chaushu<sup>(68)</sup>, esta diferencia se debía a la angulación del aparato de rayos, que era ligeramente negativa ( $-7^{\circ}$ ), y proyectaba los caninos retenidos por palatino a nivel más apical que aquellos caninos retenidos a nivel vestibular. Mediante el método de Chaushu se conseguía localizar caninos en posiciones más coronales, siendo necesarias otras exploraciones radiográficas para localizar con exactitud caninos en posiciones más apicales<sup>(32)</sup>. La diferencia entre ambos métodos radiográficos (2D y 3D) para determinar la posición vertical de la corona clínica del canino incluido puede influir en el pronóstico del tratamiento, ya que cuanto más apical esté el canino y cuanto mayor sea la distancia al plano, mayor dificultad de tratamiento del canino<sup>(45)</sup>.

A nivel mesiodistal, el CBCT era más eficaz a la hora de determinar la posición del ápice, ya que la OPG según Botticelli<sup>(45)</sup> diagnosticaba los ápices casi siempre cercanos al primer premolar. Esto se puede explicar por la distorsión horizontal que presentan las imágenes en 2D y que afectan a aquellos objetos que se encuentran fuera del pasillo focal de la imagen. Aquellas estructuras que aparecen por detrás o delante del pasillo focal pueden aparecer magnificados, distorsionados o disminuidos y a veces incluso irreconocibles<sup>(45)</sup>. Además, Haney<sup>(67)</sup> compara las imágenes tradicionales en 2D con las imágenes CBCT de pacientes con caninos maxilares incluidos y demuestran la existencia de hasta un 21% de desacuerdo a la hora de localizar mesiodistalmente los caninos maxilares incluidos cuando se usa cada una de estas técnicas. Otros autores como Nagpal<sup>(25)</sup> y Chaushu<sup>(68)</sup> estudian la

posición del canino incluido en radiografías panorámicas mediante un método basado en el grado de magnificación. Miden la anchura y altura del canino incluido en relación con la anchura y longitud del incisivo central adyacente. Comparan la anchura del incisivo central con la anchura del canino erupcionado y con la anchura del canino incluido con el fin de disminuir o eliminar la magnificación del 10% que existe en las radiografías panorámicas para mediciones horizontales. Además, miden sobre incisivos centrales ya que estos se encuentran en una posición más cercana a los caninos, a nivel maxilar. Consiguen una predicción de la localización del canino incluido en el 80-88% de los casos usando la diferencia de la magnificación entre el grado de anchura del canino y del incisivo central<sup>(25),(68)</sup>. Sin embargo, según otros autores<sup>(55)</sup>, este método de magnificación permitía diagnosticar sólo un 11% de los caninos retenidos por vestibular, siendo más eficaz para diagnosticar aquellos caninos retenidos por palatino<sup>(55),(56)</sup> y en posiciones coroneales<sup>(32)</sup>. Oberoi estudia la posición mas común de los caninos incluidos mediante diagnóstico en 3D demostrando que la posición mas común del canino retenido era a nivel palatino, con inclinación mesial<sup>(62)</sup>. Liu y cols también demuestran que el 67,1% de su muestra presentaban una inclinación Mesiopalatina, siendo poco frecuentes las inclusiones hacia distal<sup>(33)</sup>.

En cuanto a la posición de los dientes adyacentes tales como los incisivos laterales, también se observan diferencias entre ambos métodos radiográficos. El grado de superposición horizontal del canino y del incisivo lateral adyacente influye en el pronóstico del canino incluido y del incisivo lateral y es de vital importancia diagnosticarlo. La superposición entre el incisivo lateral desarrollado y el canino maxilar permanente se considera como signo precoz de un desplazamiento ectópico del canino maxilar<sup>(3)</sup>. En el caso de los incisivos laterales, su imagen suele ser poco clara en las radiografías panorámicas en 2D debido a superposiciones con otras estructuras, pero su identificación mejora desde un 69% hasta 96% usando la tercera dimensión en CBCT<sup>(27)</sup>. Botticelli<sup>(45)</sup> refleja que con el examen radiográfico en 3D se consideraba la superposición del canino con el incisivo lateral adyacente como más severa que cuando se evaluaba con imágenes en 2D. Esto se debe a que la deformación horizontal que afecta la OPG aumenta la dispersión de los objetos en el plano horizontal. Por ello, en pacientes que presentan



superposición del incisivo lateral y del canino, así como apiñamiento anterior, la superposición aparecerá menos severa en las imágenes en 2D<sup>(45)</sup>.

Con respecto a la identificación de diversas estructuras, Botticelli<sup>(45)</sup> encuentra mayor coincidencia entre ambos métodos(2Dy 3D) para identificar la región anterior, existiendo más distorsión en la región posterior por superposición de las estructuras<sup>(27)</sup>.

Por otro lado, es importante conocer la existencia de reabsorciones radiculares y la extensión de las mismas en los incisivos adyacentes antes de iniciar el tratamiento ortodóncico<sup>(8)</sup>. Las reabsorciones más frecuentes son de incisivos laterales adyacentes al canino retenido e incluso de incisivos centrales homolaterales<sup>(31),(66)</sup>. Hasta el 48% de los pacientes con caninos incluidos presentaban reabsorciones radiculares en los dientes adyacentes<sup>(69)</sup>. Ericson y Kurol<sup>(30)</sup> observaron que el grado de reabsorción radicular de los incisivos laterales dependía de la posición del canino incluido, siendo mayor cuando el canino se encontraba en una posición mesial, horizontal y con un estadio de desarrollo más avanzado, es decir, los caninos posicionados mesialmente estaban asociados con una mayor reabsorción de las raíces de los incisivos laterales<sup>(40)</sup>. Además, existía mayor reabsorción en la parte media de la raíz de los incisivos que en la parte cervical o apical de la misma<sup>(69)</sup>. Muchos investigadores han probado la superioridad en exactitud y precisión de los CBCT a la hora de diagnosticar reabsorciones radiculares causadas por la impactación de los caninos maxilares<sup>(8),(28), (31),(52),(45),(65)</sup>. Los CBCT detectan un 50% más de reabsorciones radiculares de incisivos<sup>(8)</sup> y son superiores al diagnóstico convencional radiográfico en identificar la configuración de las raíces<sup>(27)</sup>. En un estudio de Ericson y Kurol de 1987<sup>(30)</sup> se diagnosticaron reabsorciones radiculares en los dientes adyacentes a los caninos maxilares en 12,5% de los niños mediante el uso de radiografías en 2D, mientras que en otro estudio en 2001<sup>(65)</sup>, usando un diagnóstico radiográfico con CBCT, el porcentaje de niños con reabsorciones radiculares ascendía al 51% . Wriedt<sup>(27)</sup> identificó en su estudio un 71% de las raíces con imágenes 2D mientras que consigue identificar hasta un 95% con imágenes en 3D. Además con las radiografías 2D no se identifica el ápice de la raíz en más de un cuarto de las evaluaciones , mientras que con las imágenes en 3D se consigue identificar la

misma en todas las evaluaciones<sup>(27)</sup>. Las imágenes en 2D pueden enmascarar la presencia de reabsorciones radiculares, así como la severidad de la misma puede ser malinterpretada debido a la existencia de superposiciones. La severidad y localización de la reabsorción con radiografías convencionales no permite revelar con exactitud y precisión a reabsorción de los dientes adyacentes a los caninos incluidos debido a las limitaciones de estas técnicas<sup>(64)</sup>. Haney<sup>(67)</sup> encuentra hasta un 37% de diferencias a la hora de diagnosticar la existencia de reabsorciones radiculares mediante imágenes en 2D y en 3D. Por otro lado Alqerban<sup>(52)</sup> detecta la existencia de reabsorciones radiculares tanto leves como severas en dientes adyacentes a los caninos incluidos con imágenes en 3D (CBCT) de forma mucho más precisa que con las radiografías panorámicas ( $p < 0,05$ ). Además, las reabsorciones en las caras vestibular o palatina de las raíces pueden ser difíciles de detectar con radiografía convencional<sup>(8)</sup>. En función del grado de reabsorción que haya causado el canino el plan de tratamiento era diferente, por ejemplo, en casos de reabsorción radicular severa donde hay mayor riesgo de perder el canino durante el tratamiento ortodóncico, se debe plantear la extracción inmediata del mismo, o el mantenimiento de ese diente en la arcada el mayor tiempo posible para preparar la zona para un posterior implante<sup>(8)</sup>.

La percepción de la dificultad del caso y por tanto, el plan de tratamiento elegido por el clínico también se vieron influidos por el tipo de examen radiográfico realizado<sup>(45)</sup>. Haney y cols concluyeron que los planes de tratamiento ortodóncico eran modificados en función de la modalidad radiográfica usada para el diagnóstico<sup>(67)</sup>. Con el examen radiográfico en 3D se consideraban los tratamientos como más complejos y dificultosos por lo que se planeaban diferentes tratamientos<sup>(45)</sup> que tras el examen radiográfico con imágenes en 2D. En un estudio de Bjerklin y Ericson, casi el 44% de los planes de tratamiento realizados tras un examen radiográfico convencional se cambiaron después de realizar un estudio radiográfico con CBCT<sup>(69)</sup>. Normalmente tras el examen radiográfico en 3D el tratamiento era más activo y trataba de conseguir expansión así como mantener el espacio del canino, mientras que tras un examen radiográfico en 2D se elegían tratamientos más pasivos como la observación<sup>(45)</sup>. Wriedt cambió la recomendación de extracción de hasta 52% de caninos incluidos y la recomendación de alineamiento de un 9% de caninos incluidos tras el realizar un

diagnóstico en 3D<sup>(27)</sup>. El número de caninos recomendados para el alineamiento ortodóncico después de la evaluación con CBCT fue mayor que tras la evaluación con OPG<sup>(27)</sup>. Las reabsorciones radiculares también son un factor a tener en cuenta en el plan de tratamiento, como se ha comentado anteriormente, ya que se tiene que tener en cuenta el estado del diente<sup>(45)</sup>, así como la proximidad existente entre los dientes, que influirá en la determinación de la dirección de la tracción ortodóncica<sup>(45)</sup>. Los planes de tratamiento para pacientes con reabsorciones radiculares en un incisivo lateral se cambiaron más (53%) que los planes de pacientes sin reabsorciones radiculares(34,1%)<sup>(8)</sup>. El tratamiento de 9 pacientes en los que se había indicado no extraer los incisivos, el plan de tratamiento se cambió a la extracción de uno o ambos incisivos laterales tras el examen radiográfico en 3D<sup>(8)</sup>. Bjerklin y Bondemark<sup>(70)</sup> también demostraron en su estudio que existía un cambio en el plan de tratamiento en función del tipo de examen radiográfico empleado. Muchos ortodoncistas cambiaban la elección del diente a extraer así como la decisión de extraer o no tras observar el examen CBCT. Tras el examen radiográfico convencional un 91% de los ortodoncistas defendían la no extracción de los incisivos laterales, mientras que tras observar el caso mediante CBCT, este porcentaje disminuía hasta el 79%, cambiando hasta un 23,4% de los ortodoncistas su plan de tratamiento, ya que consideraban la reabsorción radicular de los incisivos laterales como demasiado grave para mantenerlos en la arcada<sup>(70)</sup>. Se podría afirmar, por tanto que el uso de CBCT permite una mejor elección del tratamiento y por tanto un mejor pronóstico del canino incluido<sup>(45)</sup>.

Además, la mayor parte de los dentistas propusieron la extracción de los caninos incluidos si se diagnosticaban dilaceraciones<sup>(27)</sup>. Wriedt y cols recomendaban sólo el 13% de los caninos incluidos para extracción si no presentaban dilaceraciones, en comparación al 69,2% propuestos para extracción tras diagnosticar dilaceraciones<sup>(27)</sup>. El 84% de los caninos sin dilaceraciones se proponían para alineamiento en la arcada. Para determinar con mayor exactitud la existencia de dilaceraciones. También el uso del CBCT es superior, ya que permite diagnosticar hasta un 4,6% más de dilaceraciones que las OPG<sup>(27)</sup>. La proporción de las dilaceraciones en CBCT eran tres veces mayor que la proporción encontrada en las OPG, lo que confirma la eficacia del CBCT para detectar estructuras que se encuentran más profundas en el hueso<sup>(27)</sup>.

Sin embargo, la planificación terapéutica y su modificación después del uso de diagnóstico adicional con CBCT no pueden ser generalizados de un ortodoncista a todos los ortodoncistas, ya que existe una subjetividad a la hora de evaluar a los pacientes. Varios estudios han demostrado que diferentes ortodoncistas evalúan los mismos pacientes de forma diferente, siendo influenciados fundamentalmente por la experiencia personal y no por las recomendaciones de tratamiento. Por ello, los resultados discutidos no proveen un plan terapéutico general, sino sólo una ayuda para que el examinador pueda tomar la decisión a la hora de realizar el plan de tratamiento<sup>(69)</sup>.

Por último algunos estudios evalúan la percepción del clínico sobre la calidad de las imágenes obtenidas tras el diagnóstico con OPG y las imágenes en 3D evaluando como imágenes de mayor calidad aquellas obtenidas por CBCT<sup>(45)</sup>. Las imágenes obtenidas por CBCT (3D) proveen información adicional con respecto a las OPG (2D). Las imágenes en 3D determinan con gran precisión la presencia o ausencia del canino incluído y la cantidad de hueso que lo cubre, el tamaño del folículo, el estadio de desarrollo del diente, la posición (a nivel anteroposterior, mesiodistal y vertical) del canino incluído, así como la inclinación del eje longitudinal del canino, la anatomía de las estructuras óseas y dentarias adyacentes<sup>(28)</sup>. Esta información, principalmente sobre la posición del canino incluído y sus relaciones con estructuras vecinas, tiene una fuerte relevancia clínica que justifica el riesgo del aumento de la dosis de radiación<sup>(27),(45)</sup>. Son necesarios nuevos estudios para clarificar si la terapia basada en el diagnóstico 3D es realmente fiable<sup>(51)</sup>.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El canino maxilar permanente es uno de los dientes más importantes de toda la dentición, debido a su papel en el establecimiento de la forma de la arcada, en la estética de la sonrisa (ya que determina la impresión armónica de la cara) y en una oclusión funcional, siendo fundamental a nivel prostodóncico<sup>(10)</sup>. Por ello, cualquier factor que influya en su trayecto de erupción produciendo una erupción ectópica del canino, puede alterar tanto la funcionalidad como la estética del paciente<sup>(3),(29)(45)</sup>.

Un canino incluido es aquel diente que se encuentra en una posición anómala a nivel intraóseo, que no ha erupcionado en la arcada después del momento en que debía haber erupcionado<sup>(1),(22)(29)</sup> y que pierde su capacidad de erupción cuando su ápice se termina de formar<sup>(4)</sup>. En función de la situación y posición de ese diente incluido podemos diferenciar entre dientes ectópicos (cerca de su lugar de erupción) y dientes heterotópicos (en una situación más alejada de su lugar de erupción)<sup>(5)</sup>. El canino maxilar se trata del segundo (diente después de los terceros molares mandibulares) más frecuentemente incluido<sup>(7),(9),(20),(24-26)</sup>, variando su prevalencia en la población del 0,2% al 2,8% según algunos autores<sup>(10),(22)</sup>.

Es fundamental diagnosticar de forma temprana la posición ectópica del canino, con el fin de poder monitorizarlo radiográficamente, decidir el momento adecuado de tratamiento y evitar complicaciones posteriores asociadas a su impactación<sup>(8)</sup>. Es decir, es fundamental un correcto diagnóstico precoz que nos permita conocer el porqué, el cómo y el cuándo intervenir ante una inclusión, en este caso de caninos maxilares<sup>(4),(20)</sup>. Por un lado, el diagnóstico precoz permitirá ahorrar tiempo y costes para el paciente y el clínico, así como realizar un procedimiento lo más sencillo posible<sup>(9),(26)</sup>. El conocimiento de la posición exacta del canino permitirá al cirujano la elección quirúrgica menos invasiva para la exposición del canino, y al ortodoncista conocer el vector de fuerza necesario para traccionar del canino sin dañar los dientes adyacentes<sup>(62)</sup>.

Por otro lado, el diagnóstico tardío y el incorrecto tratamiento de los caninos incluidos puede causar problemas de desvitalización, anquilosis, reabsorción radicular externa de dientes adyacentes (mayor en los incisivos laterales si el canino incluido tiene posición mesial) así como pérdida ósea, recesiones gingivales y problemas de

sensibilidad<sup>(1-3)</sup>. Además, los caninos parcialmente erupcionados o no erupcionados pueden aumentar el riesgo de infección y lesiones foliculares quísticas<sup>(26),(30)</sup>.

Para evitar todas estas consecuencias derivadas de la impactación de los caninos maxilares es necesario realizar un examen complementario radiográfico, que permita prever de forma individual el pronóstico del canino incluido<sup>(3)(4),(10),(26),(30)</sup>. El pronóstico del canino incluido dependerá de una gran variedad de factores en los que se incluye la edad del paciente, las condiciones dentarias, la existencia de reabsorciones radiculares y la posición del canino incluido entre otros<sup>(10),(26)</sup>.

Muchos autores han tratado de elaborar índices basados en imágenes radiográficas para cuantificar la posición de los caninos y relacionarla con la duración y el grado de dificultad de su tratamiento. Los índices basados en mediciones en imágenes 2D (OPG radiografías periapicales, oclusales y telerradiografías) se caracterizan por reducir el volumen examinado a figuras planas en 2 dimensiones, presentando las desventajas de este tipo de proyecciones (distorsión, magnificación...) que afectan la calidad y fiabilidad de las imágenes<sup>(25),(57)</sup>.

Con el desarrollo de las tecnologías en el sector científico, se han desarrollado nuevos métodos diagnósticos como la tomografía computerizada de haz cónico (CBCT- “Cone Beam Computed Tomography”) que permite obtener imágenes en 3D con menor radiación que exámenes radiográficos anteriores (Tomografía Axial Computerizada- TAC convencional) y con costes aceptables para el paciente<sup>(25)</sup>. La rápida disponibilidad de los escáneres CBCT y su consideración como prueba radiológica diagnóstica gold-estándar en 3D, han permitido la proposición de un nuevo índice<sup>(58)</sup> que clasifica los caninos impactados maxilares según su dificultad de tratamiento. La fiabilidad de este índice ha sido demostrada en diferentes estudios<sup>(71)</sup> consiguiendo un buen grado de acuerdo entre los resultados del índice y la percepción el ortodoncista de la dificultad del tratamiento del canino incluido<sup>(57),(59)</sup>. Tras evaluar la eficacia del índice KPG en mediciones en 3D, queremos compararla con los índices usados en 2D para determinar la dificultad y duración de tratamiento de los caninos incluidos.

Desde un punto de vista cualitativo, está clara la superioridad de la técnica 3D para el diagnóstico de los caninos incluidos, y es una indicación de esta técnica, ya que

permite localizar con mayor exactitud los caninos incluidos así como la elección del tratamiento ortodóncico-quirúrgico más adecuado en cada caso<sup>(57),(64)</sup>. Con este proyecto queremos comprobar, si también desde un punto de vista cuantitativo, los nuevos métodos diagnósticos en 3D suponen una mejora a la hora de realizar el diagnóstico y posterior tratamiento de los caninos maxilares incluidos.

En un estudio previo<sup>(57)</sup>, se compara la concordancia inter e intraobservador al realizar las mediciones con los dos índices. Además se evalúa y se compara la fiabilidad entre los índices empleados en radiografías 2D y 3D a la hora de determinar la dificultad de tratamiento del canino maxilar incluido. Con el fin de continuar en esta misma línea de estudio vamos a llevar a cabo este trabajo cuyo fin es contrastar los resultados obtenidos en el estudio anterior y determinar con mayor exactitud las diferencias entre los índices empleados hasta la actualidad a la hora de determinar la duración o dificultad de tratamiento del canino maxilar incluido.

La finalidad de este proyecto es evaluar la capacidad diagnóstica del CBCT y de las radiografías panorámicas para determinar la dificultad y la duración del tratamiento de caninos maxilares incluidos, desde un punto de vista cuantitativo, por medio índices específicamente desarrollados para estas técnicas en 2D y 3D.

### 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

#### 3.1. Hipótesis

Mi hipótesis nula “ $H_0$ ” es: *“No existen diferencias para determinar la dificultad de tratamiento de caninos maxilares incluidos cuando realizamos las mediciones en ortopantomografías (2D) o cuando las realizamos en tomografías computerizadas de haz cónico (3D)”*.

Mi hipótesis alternativa “ $H_1$ ” es: *“Existen diferencias estadísticamente significativas para determinar la dificultad de tratamiento de caninos maxilares incluidos cuando realizamos mediciones en ortopantomografías(2D) o cuando las realizamos en tomografías computerizadas de haz cónico(3D)”*.

#### 3.2. Objetivos:

##### 3.2.1. Objetivo general

Comparar la capacidad diagnóstica de ambas técnicas radiográficas en la detección de la dificultad y duración del tratamiento de caninos maxilares incluidos.

##### 3.2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la fiabilidad de las mediciones usadas en ortopantomografías(2D) para determinar la dificultad del tratamiento de los caninos maxilares incluidos.
2. Evaluar la fiabilidad de las mediciones usadas en CBCT(3D) para determinar la dificultad del tratamiento de los caninos maxilares incluidos.
3. Comparar la fiabilidad inter e intraoperador del método 2D versus el método 3D.
4. Evaluar el nivel de acuerdo y desacuerdo en las mediciones del método 2D y del método 3D para determinar la dificultad y duración del tratamiento de los caninos maxilares incluidos.



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 1.2. *Tipo de diseño:*

Se trata de un estudio analítico, observacional transversal que evalúa la eficacia y fiabilidad de dos métodos diagnósticos radiográficos para determinar la dificultad y duración de tratamiento de caninos maxilares incluidos. Es un estudio de validación de una prueba diagnóstica radiográfica en ortodoncia.

### 1.3. *Sujetos participantes. Especificación, muestreo y determinación del tamaño muestral.*

Se reunieron un total de 27 pacientes, procedentes de dos centros diferentes: 11 pacientes procedentes del Departamento de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid y 16 pacientes de una clínica privada. Todos los pacientes presentaban caninos maxilares incluidos de forma uni o bilateral y tenían registros radiográficos en 2D (ortopantomografías) y en 3D(CBCT).

#### – **Criterios de inclusión:**

Se tuvo en cuenta la siguiente definición de lo que se considera canino incluido:

“Un diente incluido o impactado es aquel diente que se encuentra en una posición anómala a nivel intraósea y que no ha erupcionado en la arcada después del momento en que debía haber erupcionado”<sup>(1),(3),(22)</sup>.

Tuvimos en cuenta la edad cronológica del paciente así como el estado de su dentición para determinar el momento en que debía haber erupcionado el canino. Consideramos como caninos incluidos aquellos no erupcionados a los 12 años independientemente del sexo y valorando el estado de la dentición, que debía ser dentición mixta segunda fase o dentición permanente.

1. Edad:  
Cronológica: Mayores de 12 años.  
Dental: Dentición mixta 2ª fase o permanente.
2. Raza caucásica.
3. Sexo: masculino y femenino.
4. Características clínicas: presencia de caninos maxilares incluidos de forma uni o bilateral.
5. Características temporales: pacientes con registros de OPG y CBCT previos al tratamiento ortodóncico realizados entre los años 2008 y 2015.

– **Criterios de exclusión:**

1. Pacientes sindrómicos .
2. Pacientes con agenesias, excepto agenesias de terceros molares (si presentaban agenesia de terceros molares no lo consideramos como criterio de exclusión).
3. Pacientes que hayan iniciado el tratamiento ortodóncico o hayan llevado aparatología previa.
4. Radiografías con defecto de técnica, con mal posicionamiento del paciente y con artefactos, que no permitan la calibración o la medición de los caninos incluidos.

- **Tipo de muestreo usado:** No probabilístico, de casos consecutivos (nuestros pacientes han cumplido unos criterios de selección en un intervalo de tiempo hasta alcanzar nuestra muestra).

- **Tamaño muestral:** Según el Teorema Central del Límite definido por Pierre-Simon de Laplace en 1810, podríamos considerar que a partir de una muestra  $n=30$ , se considera que una variable cuantitativa puede ser utilizada con test paramétricos sin la comprobación previa de los test de normalidad. Aunque mi muestra es  $n=41$ , realizamos pruebas de normalidad de Kolmogorov- Smirnov y Saphiro Wilk para determinar si los datos de mi muestra siguen una distribución normal Además, nos basamos en estudios

previos como el estudio de Kau en 2012 y 2013 para validar el uso del índice KPG en que usaron muestras menores de 30 <sup>(58),(60)</sup>.

#### **1.4. Principios éticos:**

El proyecto se llevó a cabo en la facultad de odontología de la Universidad Complutense de Madrid.

Antes de iniciar el tratamiento de Ortodoncia, los pacientes de ambos centros firmaron el consentimiento informado por el cual accedían a la realización de las pruebas radiológicas descritas y al uso de sus datos con fines de investigación. Los datos de los pacientes fueron archivados y protegidos por los evaluadores y por la directora del estudio, autorizados para su acceso, siguiendo la ley de protección de datos vigente. *Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Última modificación: 5 de marzo de 2011.*

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de ética correspondiente del Hospital San Carlos, UCM.

Los riesgos de radiación de los pacientes del estudio fueron mínimos y estaban justificados, ya que el uso de la ortopantomografía y del CBCT en ortodoncia como método diagnóstico de caninos incluidos está claramente indicado. En todo momento se respetó el principio ALARA (“*as low as reasonably achievable*”), por el que la dosis de radiación se redujo al nivel más bajo posible siguiendo un protocolo pediátrico (considerando la edad, peso y altura del paciente).

Este estudio no ha sido patrocinado del estudio ni existe declaración de conflicto de intereses.

### **1.5. Material y métodos:**

Finalmente, se recogió un total de 27 pacientes con 42 caninos incluidos, siendo 11 varones y 16 mujeres. En la muestra hubo 15 pacientes con ambos caninos incluidos y 12 pacientes con un canino incluido, de los cuáles 6 tenían el canino izquierdo incluido(23) y 6 el canino derecho(13). Se recogieron 27 exámenes CBCT y 27 OPG de pacientes con caninos maxilares incluidos. De los cuales, 11 CBCT y 11 OPG procedían del Departamento de Ortodoncia de la Universidad Complutense de Madrid y 16 CBCT y 16 OPG procedían de la clínica privada de un ortodoncista.

Los exámenes OPG de los 11 pacientes procedentes del Departamento de Ortodoncia de la Universidad Complutense, se realizaron con una máquina digital modelo Orthoralix.S de la marca *GENDEX®* (Konica Minolta, Tokyo, Japan), con voltaje de 60-90kV, intensidad de 9-16mA y 12 segundos de exposición. Se utilizó con una placa de fósforo que se procesaba en un lector Konica Minolta Regius Model 110. Todos los pacientes fueron posicionados con el plano de Frankfurt paralelo al suelo, en posición estándar para la realización de las radiografías panorámicas.

Los exámenes CBCT de esos mismos pacientes se realizaron con un aparato dental *Cone Beam 3-D ICAT®*( Imaging Sciences International, Inc. Hatfield, Pennsylvania, EEUU). Se trata de un modelo Next Generation Sensor, con panel plano de Silicio amorfo y centelleador de Csl (20x25cm), posee un generador de alta frecuencia, voxel de 0,3mm , campo de visión 17cmx23cm, voltaje de 120 kV , una intensidad 5mA y un intervalo de tiempo de exposición de 5 segundos, 8,9 segundos ó 26, 9 segundos. Todos los pacientes estaban sentados para la realización del CBCT. El software de medición de los CBCT fue ICAT (Imaging Sciences International, Inc. Hatfield, Pennsylvania, EEUU).

Los exámenes OPG de los 17 pacientes procedentes de la clínica privada se realizaron con una máquina- digital modelo PaX-i:PCH-2500 de la marca *Vatech®*(Vatech, Seul , Corea del Sur), con voltaje de 50-90kV, intensidad de 4-10mA y entre 10,1 y 13,5 segundos de exposición. Se usó un sensor tipo CMOS para visualizar las radiografías. Todos los pacientes fueron posicionados con el

plano de Frankfurt paralelo al suelo, en posición estándar para la realización de las radiografías panorámicas.

Los exámenes CBCT de los 17 pacientes procedentes de la clínica privada de ortodoncia se realizaron con un otro dispositivo CBCT: *Vatech®* (Vatech, Seul , Corea del Sur). Se trata de un modelo con una resolución de 0,206x0,206x0,206 mm y un tamaño de imagen de 608x608x608 voxels a 75 Kvp intensidad de 7 mA y 360 grados. El software de edición y medición de los CBCT fue *Ezimplant 3D Viewer®* (Vatech, Seul, Corea del Sur)

*Tabla1. Características de las máquinas de realización de OPG*

<i>Máquina Orthoralix.S, marca GENDEX® (OPG del departamento de Ortodoncia de la UCM)</i>	<i>Máquina PaX-i: PCH-2500 marca Vatech® (OPG de clínica privada)</i>
<i>Trabaja con una corriente nominal de 12 A Kilovoltaje: 60-90 kV.</i>	<i>---Información no disponible-- Kilovoltaje:: 50-90kV</i>
<i>Intensidad: 9-16 mA.</i>	<i>Intensidad:4-10mA</i>
<i>Tiempo de exposición: 12 segundos</i>	<i>Tiempo de exposición: 10,1 a 13,5 segundos.</i>
<i>Se utiliza con una placa digital de fósforo que se procesa en un lector KONICA MINOLTA Regius Model 110.</i>	<i>Se utilizó un sensor CMOS</i>
<i>Posición del paciente:plano de Frankfurt paralelo al suelo.</i>	<i>Posición del paciente:plano de Frankfurt paralelo al suelo.</i>

Tabla 2. Características de las máquinas de realización de los CBCT.

<i>Cone Beam 3-D Dental (CBCT del departamento de Ortodoncia de la UCM).</i>	<i>Dispositivo Vatech® (CBCT de la clínica privada).</i>
<i>Modelo: Next Generation</i>	<i>Modelo: Vatech</i>
<i>Tamaño de los vóxeles: 0,3mm.</i>	<i>Tamaño de los vóxeles: 0,206mm</i>
<i>Kilovoltaje: 120kV.</i>	<i>Kilovoltaje: 75kV.</i>
<i>Intensidad: 5mA.</i>	<i>Intensidad: 7mA.</i>
<i>Tiempo de exposición: intervalo desde 5 hasta 26, 9 segundos.</i>	<i>Tiempo de exposición 24 segundos.</i>
<i>Posición del paciente: sentado.</i>	<i>Posición del paciente: sentado.</i>

Las imágenes de las OPG se extrajeron del software original , guardadas con formato DICOM. Para poder medir sobre las radiografías panorámicas sin la existencia de magnificación presente en este tipo de radiografías era necesario calibrarlas. Abriendo las radiografías con el formato DICOM conseguimos visualizar las radiografías sin ese grado de magnificación y pudimos medir sobre ellas directamente. Usamos el programa *Sakura Workstation® 2.0 SP1*(Konica Minolta, Tokyo, Japan).

Los archivos CBCT obtenidos con el primer escáner Cone Beam 3-D dental de los pacientes procedentes del departamento de Ortodoncia se visualizaron con el software *ICATVision® Versión1.9.3.13*,(Imaging Sciences International, Inc. Hatfield, Pennsylvania, EEUU), mientras que los archivos CBCT obtenidos con el segundo escáner se visualizaron usando el software *Ez implant-CD viewer® Versión 1.5.7415* (Vatech, Seul, Corea del Sur).

Todas las imágenes radiológicas fueron visualizadas en un Monitor genérico Samsung® ESPRIMO Mobile V5535 ( 13:8 con tarjeta VGA estándar, color 32 bits, resolución de 1280x768 pixeles. Futitsu Siemens, Kawasaki, Japan).

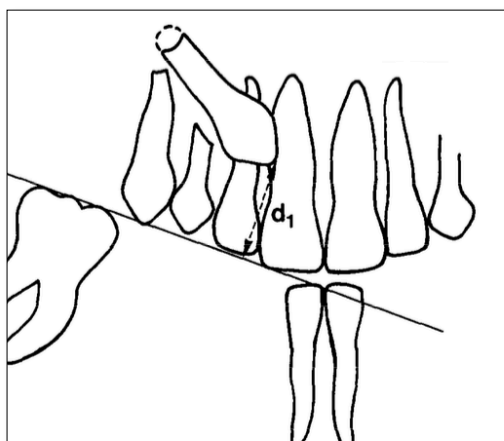
### 1.6. Variables analizadas

Se analizaron diferentes variables independientes en función del método radiográfico empleado:

#### OPGs:

En las radiografías panorámicas usamos tres medidas diferentes para predecir el grado de dificultad del tratamiento de los caninos maxilares incluidos.

En primer lugar, medimos (en mm) la distancia vertical y perpendicular desde la posición de la cúspide del canino incluido hasta el plano oclusal (trazado desde la cúspide mesiovestibular del primer molar superior hasta el borde incisal incisivo central superior). Según Stewart 2001<sup>(53)</sup>, la distancia vertical del canino al plano oclusal determinaba la dificultad del tratamiento. Por un lado si la distancia desde la cúspide del canino incluido al plano oclusal era menor de 14mm, el canino se asociaba con un tratamiento de menor duración (23,8 meses de media) y por tanto menor dificultad, mientras que en el caso de que la distancia de la cúspide del canino incluido al plano oclusal fuera de 14mm mayor, la duración del tratamiento aumentaba (31,1 meses). Cuanto mayor era la distancia vertical de la cúspide del canino maxilar incluido hasta el plano oclusal, mayor duración y dificultad tenía el tratamiento ortodóncico del canino.



*Fig1. Determinación de la posición vertical del canino maxilar incluido con respecto al plano oclusal en la OPG.*

*Ericson S, Kurol J. Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. Eur J Orthod 1988;10:283–95*

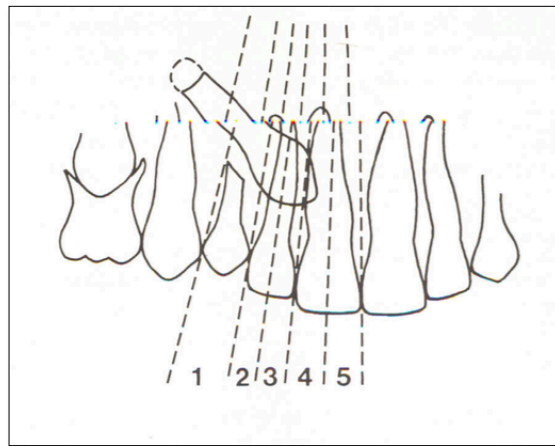
Resumiendo, a partir de esta medida en mm obtuvimos:

- **Variable cuantitativa continua** tomando el valor absoluto de la distancia al plano oclusal.
- **Variable categórica binaria**(fácil/ difícil), para distancias menores o mayores de 14mm.

En segundo lugar, medimos la posición mesiodistal del canino incluido con respecto a los dientes adyacentes. Siguiendo las indicaciones de Ericson y Kurol<sup>(40)</sup> consideramos la dificultad de tratamiento del canino incluido según su localización con respecto a la línea media del eje del incisivo lateral. Los caninos cuya cúspide se encontrara distal a la línea media del incisivo lateral (sectores 1-2) se consideraban fáciles de tratar comparado con una mayor dificultad de tratamiento de aquellos caninos cuya cúspide de se encontrara mesial a la línea media del incisivo lateral(sectores 3-5).

A partir de esta medida obtuvimos:

- **Variable cuantitativa continua** tomando el valor absoluto del sector mesiodistal.
- **Variable categórica binaria**(fácil/ difícil), para sectores 1-2, y sectores 3-5.



*Fig2. Determinación de la posición Mesiodistal del canino maxilar incluido con respecto al eje longitudinal del IL en la OPG.*

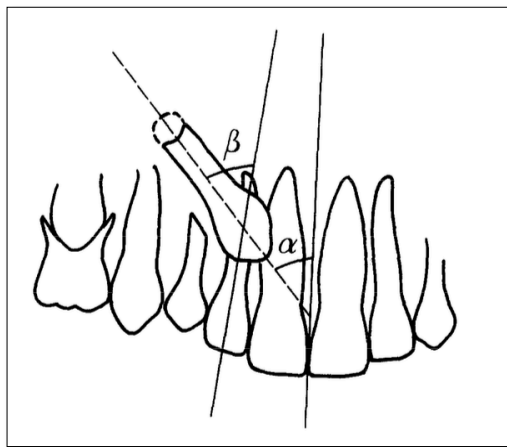
*Ericson S, Kurol J. Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. Eur J Orthod 1988;10:283–95.*



En tercer lugar, medimos la inclinación(en grados) del eje del canino maxilar impactado. Se midió el ángulo (ángulo alfa) entre el eje longitudinal del canino incluido con respecto a la vertical trazada entre los dos incisivos centrales. Según Crescini y cols<sup>(22)</sup>, la apertura del ángulo alfa determinaba la dificultad del tratamiento del canino maxilar incluido. Por cada 5° de apertura del ángulo se consideraba una semana más de tratamiento ortodóncico del canino. Por tanto, consideramos aquel canino incluido maxilar como difícil de tratar cuando el ángulo alfa era mayor de 25°, mientras que si era menor de 25° el tratamiento del canino se consideraba como fácil.

Resumiendo, a partir de esta medida en grados obtuvimos:

- **Variable cuantitativa continua** tomando el valor absoluto de los grados del ángulo alfa.
- **Variable categórica binaria**(fácil/ difícil), para ángulos menores o mayores de 25°.



*Fig3. Determinación de la angulación del canino maxilar incluido con respecto al eje longitudinal entre los IC en la OPG.*

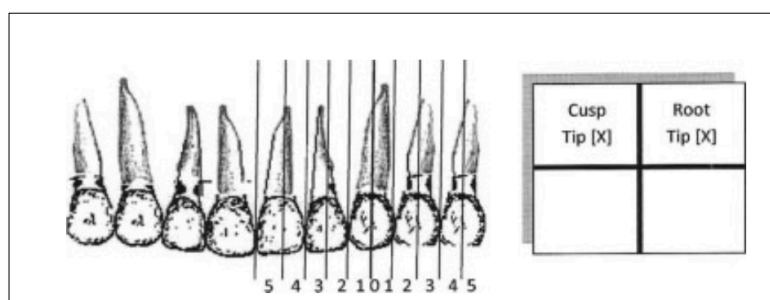
*Ericson S, Kurol J. Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. Eur J Orthod 1988;10:283–95.*

### **CBCTs:**

En los exámenes CBCTs realizamos mediciones en los tres planos del espacio: X, Y y Z para predecir el grado de dificultad de tratamiento de los caninos incluidos. Se utilizó el índice KPG de Kau<sup>(58)</sup> siguiendo las instrucciones del artículo: “*A novel 3D classification system for canine impactions*”<sup>(58)</sup> donde se propone el índice KPG por primera vez. Éste índice ha sido probado a nivel clínico para estimar la cantidad de tiempo necesario para colocar el canino incluido en la arcada<sup>(60)</sup> Se calculó sumando las mediciones de 0-5 asignadas para la posición de la cúspide y de la raíz de cada canino maxilar incluido en el eje X,Y y Z respectivamente.

En el Eje X se evaluó por un lado la posición de la cúspide y por otro la posición de la raíz del canino incluido con respecto a los dientes adyacentes. Se numeraron las áreas en el eje X en función de los dientes adyacentes.

0. La cúspide /ápice del canino incluido estaba en la localización correcta de erupción. No requería tratamiento.
1. La cúspide /ápice del canino incluido se encontraba dentro de la anchura determinada por el alveolo, dentro de las líneas verticales tangentes al canino.
2. La cúspide/ápice del canino se encontraba en el área entre el alveolo del canino permanente y una línea vertical tangente a los dientes adyacentes; se podía localizar tanto en la mitad distal del incisivo lateral como en la mitad mesial del primer premolar.
3. La cúspide /ápice del canino incluido se encontraba en la mitad más alejada de los dientes vecinos; en la mitad mesial del incisivo lateral o la mitad distal del primer premolar.
4. La cúspide /ápice del canino incluido se encontraba en la mitad distal del incisivo central o en la mitad distal al primer premolar, pero medial a la línea media del segundo premolar.
5. La cúspide /ápice del canino incluido estaba en la mitad mesial del incisivo central o distal a la línea media del segundo premolar.



*Fig 4: Medición de la cúspide y el ápice del canino incluido según el índice KPG en el eje X.*

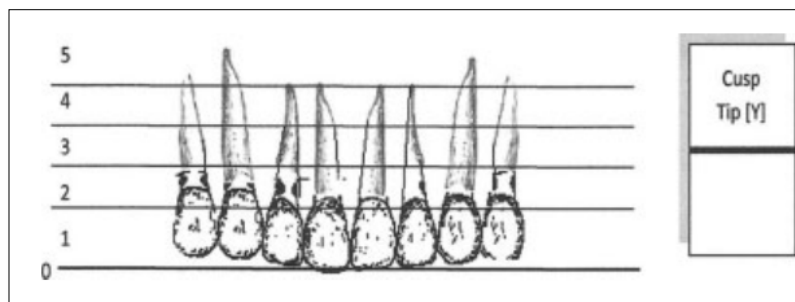
*Kau CH et al. A novel 3D classification system for canine impactions – the KPG index. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. 2009;5: 291–6.*

En el Eje Y se evaluó por un lado la posición de la cúspide y por otro la posición de la raíz del canino incluido con respecto a los dientes adyacentes. Diferenciamos varias zonas: zona coronal (por debajo del cuello de los dientes), zona del tercio cervical apical, zona del tercio medio apical, zona del tercio inferior apical y zona suprapical. La puntuación asignada a la localización de la cúspide del canino en la dimensión vertical era la siguiente:

0. La cúspide se encontraba en una posición vertical adecuada.
1. La cúspide se encontraba en la región coronal.
2. La cúspide se encontraba en la región del tercio cervical apical
3. La cúspide se encontraba en el plano horizontal correspondiente a la región del tercio medio apical de la raíz del incisivo.
4. La cúspide se encontraba en el plano horizontal correspondiente a la región del tercio apical de la raíz del incisivo.
5. La cúspide se encontraba supraapical a la raíz del incisivo.

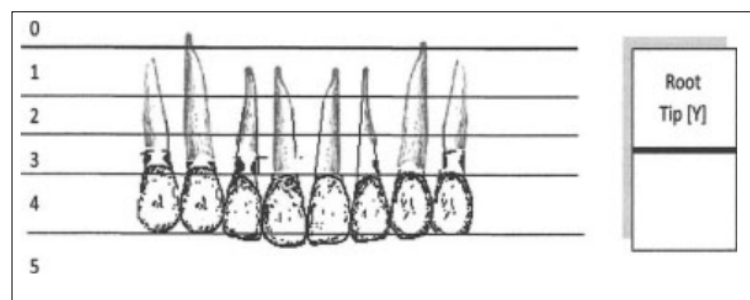
Como la posición vertical de la raíz y de la cúspide son opuestas, la numeración del ápice era opuesta a la de la cúspide, asignando el número 0 a la posición del ápice cuando la raíz se localizaba a nivel supraapical (posición correcta) y el número 5 cuando se localizaba pasada la región coronal en el plano horizontal.

0. El ápice se encontraba en una posición vertical adecuada (supraapical).
1. El ápice se encontraba en el plano horizontal correspondiente a la región del tercio apical de la raíz del incisivo.
2. El ápice se encontraba en el plano horizontal correspondiente a la región del tercio medio apical de la raíz del incisivo.
3. El ápice se encontraba en el plano horizontal correspondiente a la región del tercio apical de la raíz del incisivo.
4. El ápice se encontraba en la región coronal.
5. El ápice se encontraba pasada la región coronal.



*Fig 5. Medición de la cúspide del canino incluido según el índice KPG en el eje Y.*

*Kau CH et al. A novel 3D classification system for canine impactions – the KPG index. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. 2009;5: 291–6.*

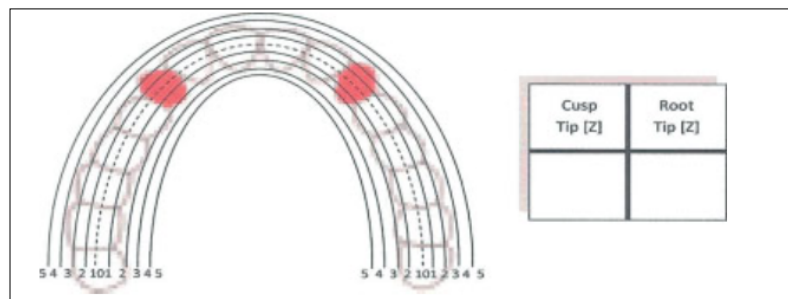


*Fig 6. Medición del ápice del canino incluido según el índice KPG en el eje Y*

*Kau CH et al. A novel 3D classification system for canine impactions – the KPG index. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. 2009;5: 291–6.*

En el Eje Z la numeración de la posición de la cúspide y el ápice del canino incluido se asignaba en función a la distancia de cada uno de ellos al arco oclusal de referencia:

0. La localización de la cúspide/ápice se encontraba en su posición ideal en el arco oclusal.
1. La localización de la cúspide/ápice se encontraba 2mm del arco oclusal (tanto a nivel vestibular como lingual).
2. La localización de la cúspide/ápice se encontraba en el área entre 2 y 4mm del arco oclusal(tanto a nivel vestibular como lingual).
3. La localización de la cúspide/ápice se encontraba en el área entre 4 y 6mm del arco oclusal(tanto a nivel vestibular como lingual).
4. La localización de la cúspide/ápice se encontraba en el área entre 6 y 8mm del arco oclusal(tanto a nivel vestibular como lingual).
5. La localización de la cúspide/ápice se encontraba alejado del arco oclusal más de 8mm (tanto a nivel vestibular como lingual).



*Fig7. Medición de la cúspide y el ápice del canino incluido según el índice KPG en el eje Z.*

*Kau CH et al. A novel 3D classification system for canine impactions – the KPG index. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. 2009;5: 291–6.*

La suma de las mediciones de la posición de la cúspide y de la raíz en los tres planos del espacio permitía clasificar el grado de dificultad de tratamiento en fácil, moderado, difícil y muy difícil. Nosotros realizamos las mediciones del índice KPG asignando los valores obtenidos a cada categoría (fácil, moderado, difícil y extremadamente difícil) siguiendo tanto la versión original como la versión modificada del índice KPG.

En la versión original , se consideraba un canino incluido de fácil tratamiento si la sumatoria de sus puntos quedaba en el rango de 0-9, si la puntuación quedaba en el rango 10-14 se consideraban como inclusiones moderadas, la puntuación de 15-19 correspondían a caninos de difícil tratamiento y el rango de 20-30 a caninos incluidos extremadamente difíciles de tratar<sup>(58)</sup>.

En la versión modificada del índice KPG, se modificaba el rango de valores de las categorías fácil y moderado con el fin mejorar la precisión del índice KPG para determinar la dificultad del tratamiento del canino <sup>(59)</sup>. La categoría de fácil tratamiento se reducía a los valores de rango entre 0-7, correspondiendo los valores de rango entre 7-14 a la categoría de moderada dificultad de tratamiento.

Kau y cols observan que con esta nueva clasificación hay una mayor exactitud entre el índice KPG y la percepción clínica a la hora de determinar el grado de dificultad del tratamiento del canino.

A partir de esta medida obtuvimos:

- **Variable cuantitativa discreta** tomando el valor absoluto de 0 a 30.
- **Variable categórica de escala ordinal en la versión original del KPG** (categorías: fácil/moderado/difícil/extremadamente difícil), para valores entre 0-9, 10-14, 15-19 y 20-30.
- **Variable categórica de escala ordinal en la versión modificada del KPG** (categorías: fácil/moderado/difícil/extremadamente difícil), para valores entre 0-7, 7-14, 15-19 y 20-30.

#### **1.7. *Recogida de los datos, manejo y análisis estadístico:***

Las variables cuantitativas se definieron con la media y la desviación estándar, mientras que las variables categóricas se definieron con una distribución de frecuencias.

La fiabilidad de las medidas realizadas tanto en 2D como en 3D fueron evaluadas verificando el grado de coincidencia entre dos observadores (interobservador) y realizando una segunda medición aleatoria para verificar el grado de coincidencia de un mismo observador (intraobservador). Para verificar la fiabilidad interoperador de las mediciones se solicitó a un ortodoncista la realización de una segunda medición. De tal forma que, después de realizar una sesión para aunar criterios en la medición de caninos maxilares incluidos y solucionar dudas una odontóloga y un

ortodoncista evaluaron todos los exámenes radiográficos (OPG y CBCT) de forma independiente.

Para realizar las mediciones de las imágenes CBCTs se siguieron las recomendaciones del artículo de Domenico <sup>(71)</sup>, donde se resuelven dudas del uso de este índice para disminuir el sesgo cuando realizamos las mediciones:

- En caso de mal posicionamiento del paciente durante el examen CBCT se podía reorientar el volumen en 3D manteniendo el plano maxilar paralelo al eje axial para eliminar rotaciones sobre el eje sagital. No era necesario reorientar de forma habitual el CBCT.
- En caso de duda al realizar la medida de un parámetro había que tener en cuenta las características generales y la posición de ese diente. Por ejemplo, una raíz corta del canino o una raíz larga del premolar podían alterar la medida en el eje Y de la localización de la raíz del canino, en este caso era importante evaluar si la angulación del canino estaba realmente aumentada o no, eligiendo la puntuación más baja si el eje del canino era vertical. Por otro lado, grandes malposiciones de los incisivos laterales o de los premolares podían alterar evaluaciones del canino en el eje X. En caso de duda, era preferible elegir alternativamente valores altos y bajos de las dos valores considerados para cada medida.
- Como definición del arco oclusal de referencia en el eje Z se entendía aquella línea curvada dibujada en el plano axial, que pasaba por el centro de las coronas clínicas de todos los dientes cuando estaban alineados. El plano axial correcto para individualizar este arco de referencia oclusal era aquel que pasa por los cuellos de los dientes.
- Las distancias en el plano Z se debían medir de forma perpendicular al arco de referencia oclusal. Una medida desde la posición de la cúspide-raíz del canino incluido hasta la posición adecuada de esa cúspide-raíz del canino estaba influida también por su posición mesiodistal que se consideraba en las medidas realizadas en el plano X. Se debía evitar esta suma de efectos en las medidas para prevenir alteraciones en las mediciones.

- Se consideraba como localización de la cúspide/ápice adecuada del canino en el plano Z aquella que se encontraba en medio del alveolo, ya que ésta era la posición ideal para la erupción de la cúspide. Una vez erupcionado el canino, la posición final ideal de la cúspide y la raíz no era el centro del alveolo sino una posición más vestibular para la cúspide y más palatina para el ápice, según el valor del torque del canino.

Para verificar la fiabilidad intraoperador, la odontóloga repitió a la semana algunas mediciones, seleccionadas de forma aleatoria.

Se calculó la concordancia inter e intraoperador para ambos métodos en 2D y 3D, usando el índice Kappa Cohen para variables categóricas: distancia al plano oclusal(fácil/difícil), sector mesiodistal(1-5), angulación del canino(fácil/difícil). Para las variables ordinales: Sector mesiodistal (1-5,) la posición de la cúspide y la raíz del canino incluido en los tres planos del espacio (0 -5 )y el valor del índice KPG original y modificado (0-30) empleamos el coeficiente Tau-b de Kendall. Por último, para variables cuantitativas como el valor absoluto de la distancia de la cúspide del canino al plano oclusal(mm), de la angulación del canino(°) y del índice KPG, se empleó el coeficiente de correlación intraclass para medir la concordancia entre los observadores <sup>(72)</sup>.

Estos coeficientes varían entre 0 y 1, indicando altos valores cercanos al uno una relación más fuerte de concordancia entre las mediciones:

1. Valores <0,01 indican poca concordancia entre las mediciones.
2. Valores entre 0,01 y 0,2 indican ligera concordancia.
3. Valores entre 0,21 y 0,40 indican una concordancia leve.
4. Valores entre 0,41 y 0,60 indican una concordancia moderado.
5. Valores entre 0,61 y 0,8 indican una concordancia buena.
6. Valores entre 0,81 y 0,99 indican una concordancia entre las mediciones casi perfecta.
7. Valor de 1 indica una concordancia perfecta entre las mediciones.

El objetivo para comparar las mediciones entre dos métodos diferentes era estimar la diferencia (constante y proporcional) entre ambos, y si existían diferencias estadísticamente significativas en su exactitud para medir los resultados del



paciente. El test frecuentemente usado para la comparación entre mediciones de variables cuantitativas es el coeficiente de correlación de Pearson, aunque no permite obtener unas conclusiones adecuadas. Cuando se realizan las mismas mediciones usando dos métodos diferentes, se espera que el coeficiente de correlación sea alto o muy alto, ya que la correlación describe relaciones lineales entre dos grupos de datos pero no determina su acuerdo, ni tampoco detecta si hay una constante o una diferencia proporcional entre ambos métodos. Por ello, usamos el método de análisis de regresión de Passing y Bablock, procedimiento estadístico que permite estimar el acuerdo de ambos métodos y una posible inclinación entre ellos <sup>(73)</sup>. Se trata de un test robusto no paramétrico que se aplica para conocer la relación entre los datos medidos de forma continua por dos métodos analíticos diferentes. Los requisitos para realizar este análisis de Passing y Bablock eran: una distribución continua de las mediciones y una relación lineal entre ambos métodos. Los resultados del análisis de regresión de Passing y Bablock constan de varias partes: un diagrama de dispersión, un test de la suma linealidad acumulativa (CUSUM test) que determina la desviación de las mediciones de ambos métodos de la linealidad (mediciones que no sigan la linealidad no son apropiadas para concluir el acuerdo entre métodos) y la representación de la distribución de las diferencias alrededor de la línea de regresión (residual plot). En nuestro estudio realizamos los diagramas de dispersión.

Se compararon las mediciones realizadas en cada eje del espacio (X, Y y Z) en las mediciones 2D y 3D para cada observador:

1. Comparamos las mediciones realizadas en el eje X en las imágenes en 3D con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (sector mesiodistal).
2. Comparamos las mediciones realizadas en el eje Y en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide al plano oclusal), codificando la variable distancia vertical en cinco categorías, y sin categorizar.
3. Comparamos las mediciones realizadas en el eje Z en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino).
4. Comparamos la clasificación obtenida con el índice KPG original con la obtenida con el índice KPG modificado.

En este estudio, los resultados se obtenían representados en un diagrama de dispersión y una ecuación de regresión ( $y=a+bx$ ) donde se representaba una constante y una pendiente proporcional al error de la medición( a las diferencias entre las mediciones) . Los intervalos de confianza eran del 95% para la constante y la pendiente. Si el valor del intervalo, no incluía el 0 (para la constante) y el 1(para la pendiente), podíamos concluir que existían diferencias entre ambos métodos de medición<sup>(73)</sup>. Si el valor del intervalo para la pendiente incluía el valor 1, se concluía que no había diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido de la pendiente y el valor 1 por lo que no había diferencias proporcionales entre ambos métodos. Si además, el valor del intervalo para la constante incluía el valor =, se concluía que no había diferencias estadísticamente significativas entre el valor de la constante y el valor 0, por lo que no había diferencias En tal caso, asumíamos que  $x=y$  y que no había diferencias significativas entre ambos métodos por lo que ambos se pueden usar de forma intercambiable.

Los resultados se debía interpretar cuidadosamente: si la diferencia entre ambos métodos era pequeña y clínicamente aceptable, ambos métodos se podían usar de forma simultánea, siendo intercambiables. Si la diferencia entre ambos era demasiado grande, se debía investigar cuál de los métodos era menos exacto.

El análisis estadístico se desarrollo con el pack SPSS 22.0 (El pack Statistical PACKage for Social Sciences, version12.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois,Usa).

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Estadística descriptiva**

En este estudio se incluyeron 27 pacientes con un total de 41 caninos maxilares incluidos. Tomamos como unidad de análisis el canino maxilar, ya que en los casos de

inclusiones bilaterales, el estado de cada canino era independiente y no estuvo relacionado con el canino contralateral.

Los datos demográficos correspondientes a variables categóricas como el sexo, el

Variable	Media	95% IC	Mediana	Desviación	Mínimo	Máximo
----------	-------	--------	---------	------------	--------	--------

tipo de canino incluido y el lugar de procedencia de los sujetos se evaluaron en las siguientes tablas de frecuencias (Tablas 1-3). A continuación, se muestra la

*Tabla1: Recogida de datos. Frecuencia según sexo*

		Frecuencia	Porcentaje	Significación
Válido	<b>Varón</b>	20	48,8	p=0,876
	<b>Mujer</b>	21	51,2	
	<b>Total</b>	41	100,0	

*Tabla2: Recogida de datos. Frecuencia según lugar de procedencia*

		Frecuencia	Porcentaje	Significación
Válido	<b>Madrid</b>	20	48,8	p=0,876
	<b>Enrique</b>	21	51,2	
	<b>Total</b>	41	100,0	

significación de la comparación de las categorías, realizada mediante el test de Chi cuadrado.

*Tabla 3: Recogida de datos. Frecuencia según tipo de diente*

		Frecuencia	Porcentaje	Significación
Válido	<b>13</b>	21	51,2	p=0,876
	<b>23</b>	20	48,8	
	<b>Total</b>	41	100,0	

Como todos los valores de p obtenidos fueron  $p > 0,05$ , podemos afirmar que no existían diferencias estadísticamente significativas entre la frecuencias esperadas y las frecuencias observadas para cada variable.

Se recogieron los datos de la estadística descriptiva de la muestra en relación a la edad (Tabla 4).

*Tabla 4. Estadística descriptiva de la muestra en relación a la edad.*



*Tabla 6: Estadística descriptiva de las variables cuantitativas.*

Variable		Media	L.sup	L.inf	Mediana	Desviación estándar	Mín .	Máx.
KPG total	E1	13,38	11,52	15,24	14,00	4,09	6,0	20,0
	E2	13,71	11,90	15,53	15,00	3,98	6,0	21,0
	En	13,33	11,63	14,94	14,00	3,52	8,0	20,0
Distancia al plano oclusal(mm)	E1	17,64	14,64	20,64	18,60	6,58	0,4	28,4
	E2	17,71	14,70	20,72	18,80	6,61	0,9	28,9
	En	18,63	15,64	21,61	19,00	6,55	2,0	31,3
Angulación(°)	E1	33,57	25,56	41,57	34,00	17,58	2,0	74,0
	E2	30,42	23,48	37,37	33,00	15,24	2,0	59,0
	En	33,62	25,92	41,32	32,80	16,91	6,0	74,0

## 5.2. Estadística inferencial

### 5.2.1. Pruebas de normalidad

Se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Saphiro Wilk para determinar la normalidad de las variables cuantitativas de la muestra (Tabla 7).

*Tabla 7: Pruebas de normalidad de las variables cuantitativas.*

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Edad	,273	,000	,616	,000
KPG_Total_E1	,132	,200	,958	,485
KPG_Total_E2	,150	,200	,971	,748
KPG_Total_En	,158	,185	,937	,189
Distancia mm Plano Oclusal E1				
Distancia mm Plano Oclusal E2	,134	,200	,953	,382
Distancia mm Plano Oclusal En	,165	,138	,960	,509
	,140	,200	,961	,538
Angul_total_E1	,181	,069	,952	,368
Angul_total_E2	,208	,019	,935	,177
Angul_total_En	,147	,200	,955	,416

Con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov obtuvimos que existían diferencias estadísticamente significativas para las variables angulación E1 y E2 y para la variable edad. Como  $p < 0,05$ , podemos decir que estas variables no seguían una distribución normal. Al tratarse de una muestra pequeña, realizamos también las pruebas de normalidad de Saphiro-Wilk, y obtuvimos que, a excepción de la edad, el resto de variables no presentaban diferencias estadísticamente significativas con respecto a la distribución normal, por lo que nada se opone a pensar que siguen una distribución normal. La edad era la única variable cuantitativa que no sigue una distribución normal.

### 5.2.2. Concordancia intra e interoperador

Se calculó la concordancia inter e intraoperador para ambos métodos en 2D y 3D, usando el índice Kappa Cohen para variables categóricas:

- Distancia al plano oclusal (fácil/difícil)

- Sector mesiodistal (fácil/difícil)
- Angulación del canino (fácil/difícil)

Para las variables ordinales, empleamos el coeficiente Tau-b de Kendall:

- Sector mesiodistal (1-5)
- Posición de la cúspide del canino incluido en los tres planos del espacio(0-5).
- Posición de la raíz del canino incluido en los tres planos del espacio (0-5)
- Valor del índice KPG original y modificado (0-30).

Por último, se empleó el coeficiente de correlación intraclass para medir la concordancia entre los observadores de las variables cuantitativas:

- Distancia al plano oclusal (mm)
- Angulación del canino (°)
- Valor absoluto del índice KPG

## CONCORDANCIA INTEROPERADOR

### - **Variables categóricas:**

*Tabla 8: Coeficiente Kappa Cohen para determinar la concordancia interobservador para el valor las variables categóricas (fácil/difícil) en 2D.*

	Coeficiente Kappa	Sig.
Distancia vertical cúspide (fácil/difícil)	,868	,000
Sector Mesiodistal (fácil/difícil)	,892	,000
Angulación canino (fácil/difícil)	,827	,000

Los valores del índice Kappa Cohen que comparan las mediciones 2D entre ambos observadores fueron las siguientes (tabla 8): 0,868 para la distancia vertical de la cúspide del canino con respecto al plano oclusal, 0,892 para el sector mesiodistal y 0,827 para la angulación del canino, indicando un acuerdo casi perfecto entre los observadores para las mediciones en la OPG de forma categórica (fácil/difícil).

- **Variables ordinales:**

*Tabla 9: Coeficiente Tau b de Kendall para determinar la concordancia interobservador para el valor las variables ordinales en 2D (sólo Sector Mesiodistal 0-5) y en 3D.*

	Coeficiente Tau b de Kendall	Sig.
Sector Mesiodistal(0-5)	,926	,000
Posición Cúsp Canino eje X(0-5)	,754	,000
Posición Raíz Canino eje X(0-5)	,590	,000
Posición Cúsp Canino eje Y(0-5)	,784	,000
Posición Raíz Canino eje Y(0-5)	*	*
Posición Cúsp Canino eje Z(0-5)	,685	,000
Posición Raiz Canino eje Z (0-5)	,424	,000
Valor KPG original(0-30)	,790	,000
Valor KPG modificado(0-30)	,773	,000

*\*Como las mediciones fueron siempre iguales (0), se ha determinado el valor de las mediciones como una constante, por lo que no se han calculado medidas de asociación entre la variable posición de la raíz del canino en el eje Y.*

Los valores del Coeficiente Tau b de Kendall comparando las mediciones entre ambos observadores fueron las siguientes (tabla 9): 0,926 para el sector mesiodistal (de



0-5) indicando un acuerdo casi perfecto entre los observadores. Para la posición de la cúspide del canino en el eje X, Y y Z la concordancia fue buena, siendo el valor del coeficiente de 0,754 /0,784 y 0,685 respectivamente. La determinación de la raíz en el eje X y Z tenía unos valores menores del coeficiente de correlación, indicando una concordancia moderada entre ambos observadores: 0,590 y 0,424 respectivamente. En cuanto al valor del índice KPG, el grado de acuerdo entre los observadores fue ligeramente mayor para el valor del índice KPG original (0,790) que para el valor del índice KPG modificado (0,773), indicando ambos una buena concordancia interobservador.

- **Variables cuantitativas:**

*Tabla 10: Coeficiente de correlación intraclase para determinar la concordancia interobservador de acuerdo absoluto de las variables cuantitativas en 2D y 3D (sólo el valor total KPG).*

	Coeficiente Correlación Intraclase	Sig.	95% de intervalo de confianza	
			Lím inf	Lím.sup
Distancia al pl oclusal(mm)	,992	,000	,966	,997
Angulación del canino (°)	,991	,000	,984	,995
Valor total numérico KPG	,936	,000	,879	,966

Los valores del coeficiente de correlación intraclase, comparando las mediciones entre ambos observadores, obtuvieron una concordancia casi perfecta tanto para las mediciones en 2D (0,992 y 0,991) como para el valor total numérico del índice KPG (0,936).

## CONCORDANCIA INTRAOPERADOR

- **Variables categóricas:**

*Tabla 11: Coeficiente Kappa Cohen para determinar la concordancia intraobservador para el valor las variables categóricas (fácil/difícil) en 2D.*

	Coeficiente Kappa	Sig.
Distancia vertical cúspide(fácil/difícil)	1,000	,000
Sector Mesiodistal(fácil/difícil)	1,000	,000
Angulación canino(fácil/difícil)	1,000	,000

Los valores del índice Kappa Cohen realizadas por el mismo observador a la semana (Tabla 11) obtuvieron un valor de 1, demostrando una concordancia perfecta intraobservador para las mediciones en la OPG de forma categórica(fácil/difícil).

- **Variables ordinales:**

*Tabla 12: Coeficiente Tau b de Kendall para determinar la concordancia intraobservador para el valor las variables ordinales en 2D y en 3D.*

	Coeficiente Tau b de Kendall	Sig.
Sector Mesiodistal(0-5)	1,000	,000
Posición Cúsp Canino eje X(0-5)	,654	,000
Posición Raíz Canino eje X(0-5)	,802	,000
Posición Cúsp Canino eje Y(0-5)	,857	,000
Posición Raíz Canino eje Y(0-5)	*	*
Posición Cúsp Canino eje Z(0-5)	,522	,001
Posición Raíz Canino eje Z (0-5)	,587	,001
Valor KPG original(0-30)	,887	,000
Valor KPG modificado(0-30)	,908	,000

*\*Como las mediciones eran siempre iguales (0), se ha determinado el valor de las mediciones como una constante por lo que no se han calculado medidas de asociación entre la variable posición de la raíz del canino en el eje Y.*

Los valores del Coeficiente Tau b de Kendall comparando las mediciones entre ambos observadores fueron las siguientes (Tabla 12): 1,000 para el sector mesiodistal (de 0-5) indicando un acuerdo perfecto entre las mediciones repetidas realizadas por la observadora. Para la posición de la cúspide del canino en el eje X, la concordancia fue buena, siendo el valor del coeficiente de 0,654 , para la posición de la cúspide en el eje Y la concordancia fue casi perfecta (0,857), mientras que para la posición de la cúspide

en el eje Z la concordancia fue moderada(0,552). La determinación de la raíz en el eje X y Z obtuvo unos valores del coeficiente de 0,802 y 0,587, indicando una concordancia casi perfecta y moderada respectivamente. En cuanto al valor del índice KPG, el grado de acuerdo fue ligeramente mayor para el valor del índice KPG modificado (0,908) que para el valor del índice KPG original (0,887), indicando ambos una concordancia intraobservador casi perfecta.

- **Variables cuantitativas:**

*Tabla 13: Coeficiente de correlación intraclase para determinar la concordancia intraobservador de acuerdo absoluto de las variables cuantitativas en 2D y 3D.*

	Coeficiente Correlación Intraclase	Sig.	95% de intervalo de confianza	
			Lím inf	Lím.sup
Distancia al plano oclusal(mm)	,997	,000	,985	,997
Angulación del canino (°)	,700	,000	,418	,860
Valor absoluto KPG	,944	,000	,932	,988

Los valores del Coeficiente de correlación intraclase, comparando las mediciones entre la misma observadora (Tabla 13), obtuvieron una concordancia casi perfecta para la medición de la distancia de la cúspide del canino al plano oclusal en 2D (0,997) y para el valor absoluto del índice KPG (0,944). Por otro lado, la concordancia fue buena para determinar la angulación del canino (0,700).

### **5.2.3. Análisis de regresión de Passing y Bablock**

Hemos empleado el análisis de regresión de Passing y Bablock para estimar el acuerdo entre las mediciones realizadas con ambos métodos (2D y 3D). Las variables siguen una distribución continua y existe una relación lineal entre ambos métodos por lo que este análisis se puede llevar a cabo para este estudio.

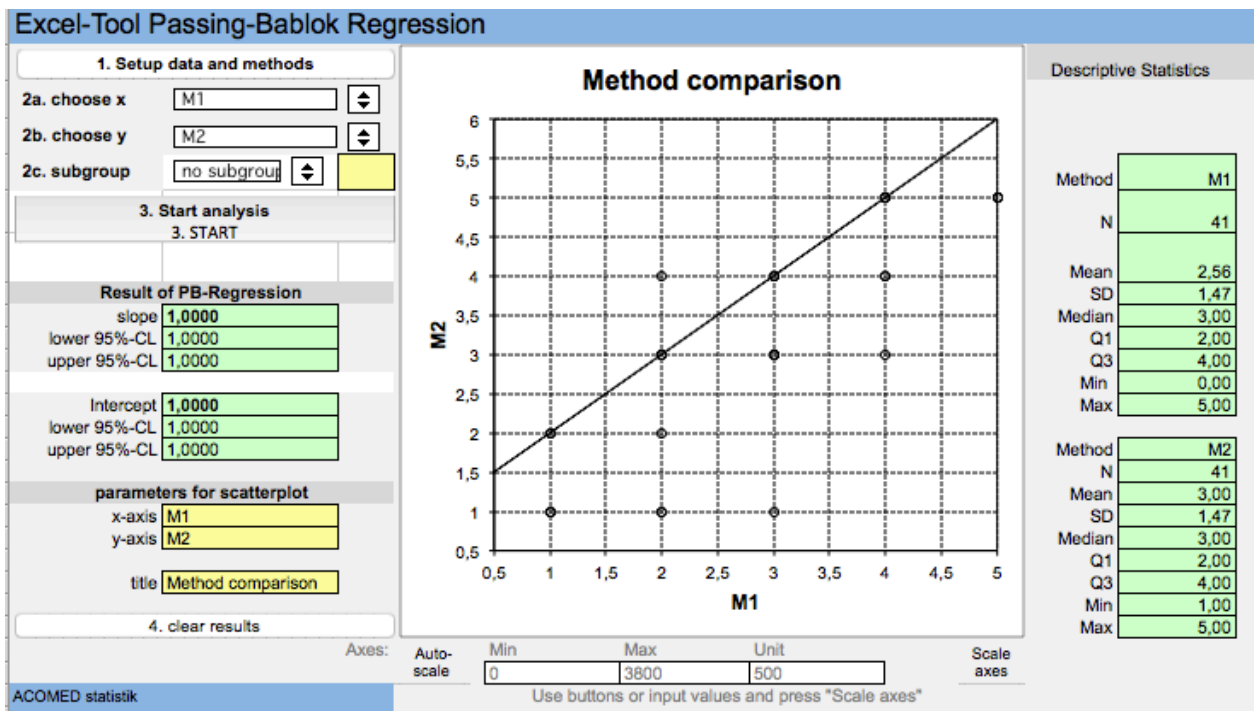
Se comparan las mediciones realizadas en cada eje del espacio(X, Y y Z) en las mediciones 2D y 3D para cada observador por separado:

5. Comparamos las mediciones realizadas en el eje X en las imágenes en 3D(posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (sector mesiodistal).
6. Comparamos las mediciones realizadas en el eje Y en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide al plano oclusal), en primer lugar, codificando la variable distancia vertical (en mm) en cinco categorías; en segundo lugar, la analizamos sin categorizar.
7. Comparamos las mediciones realizadas en el eje Z en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino), en primer lugar, codificando la variable angulación del canino (en grados) en cinco categorías; en segundo lugar, la analizamos sin categorizar.
8. Únicamente considerando los valores 3D, comparamos la clasificación obtenida con el índice KPG original con la obtenida con el índice KPG modificado.

Los resultados obtenidos fueron representados en un diagrama de dispersión con una línea de regresión, y una ecuación de regresión ( $y=a+bx$ ).

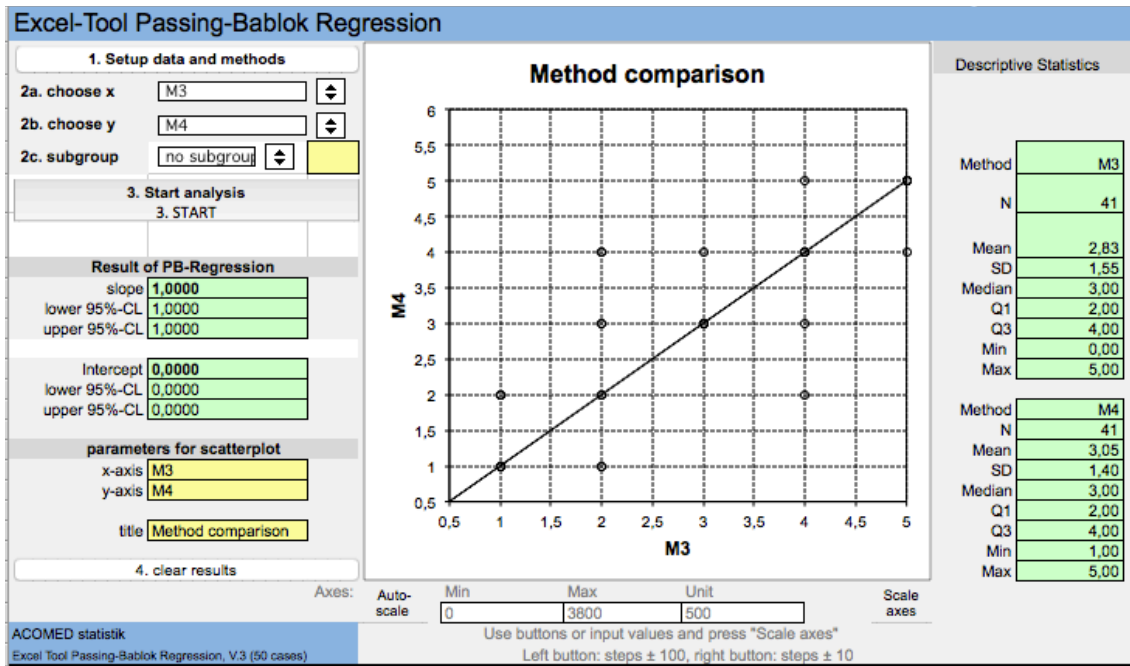
## **GRADO DE ACUERDO ENTRE MEDICIONES 2D Y 3D**

*Figura 1. Comparación de las mediciones realizadas en el eje X por la odontóloga*



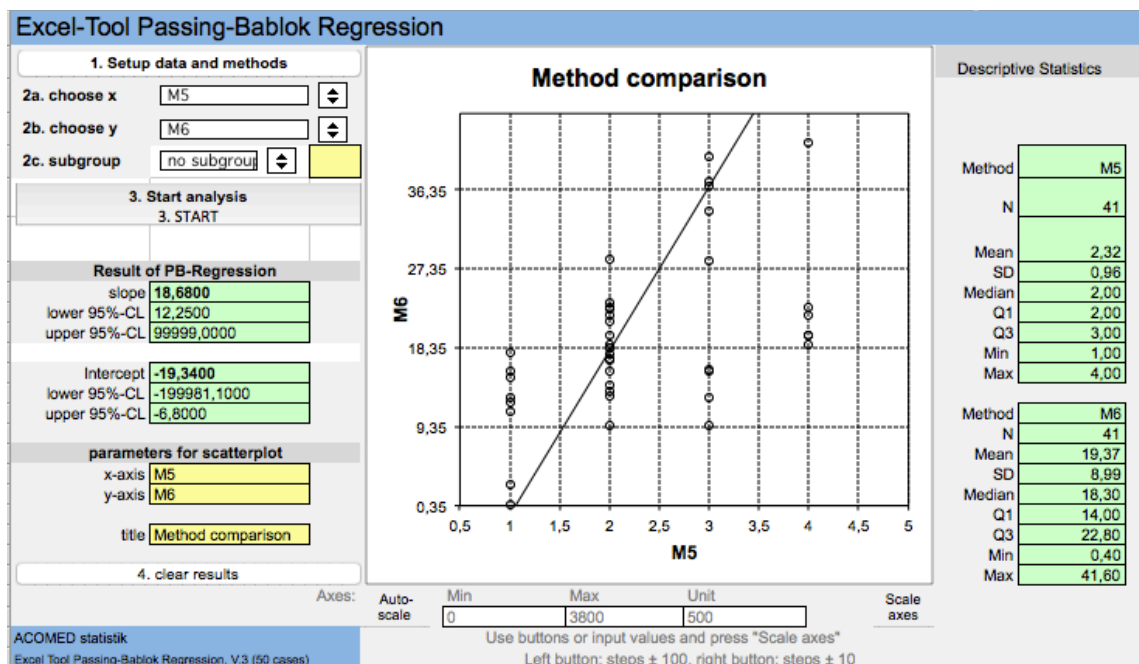
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2=1+M1$  (Figura1), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (sector mesiodistal) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje X). El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 1 y para la pendiente de 1. Como el intervalo de confianza de la pendiente incluye el 1 podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor 1 y el valor de la pendiente. No hay diferencias proporcionales entre ambos métodos. El intervalo de confianza de la constante no incluye el 0, por lo que podemos decir que si existe una constante para estos valores. Ambos métodos están proporcionados pero no miden igual.

*Figura 2. Comparación de las mediciones realizadas en el eje X por el ortodoncista*



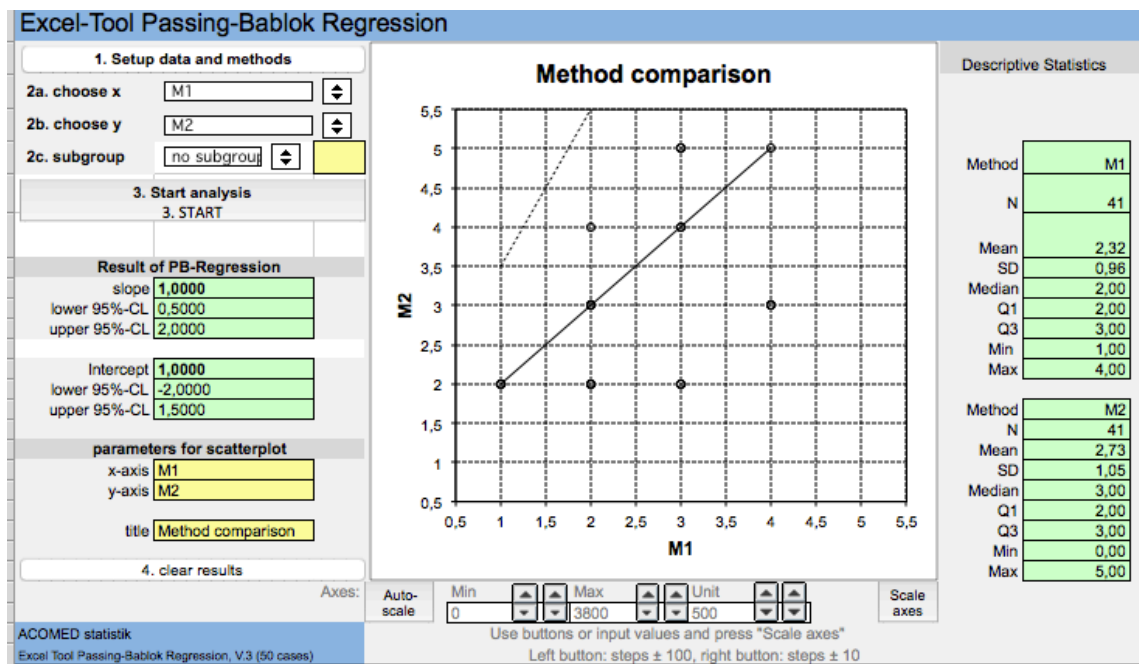
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M4=M3$  (Figura 2), siendo M4 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (sector mesiodistal) y M3 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje X). El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 0 y para la pendiente de 1. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M4=M3$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 3. Comparación de las mediciones realizadas en el eje Y por la odontóloga (las mediciones en las imágenes 2D no se codificaron a escala 0-5).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M6 = -19,34 + 18,68M5$  (Figura3), siendo M6 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal) y M5 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Y). El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de -199981,10 a -6,80 y para la pendiente de 12,25 a 99999,00. Como el intervalo de confianza no incluye el 0 para la constante ni el 1 para la pendiente podemos decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M6 \neq M5$ , hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

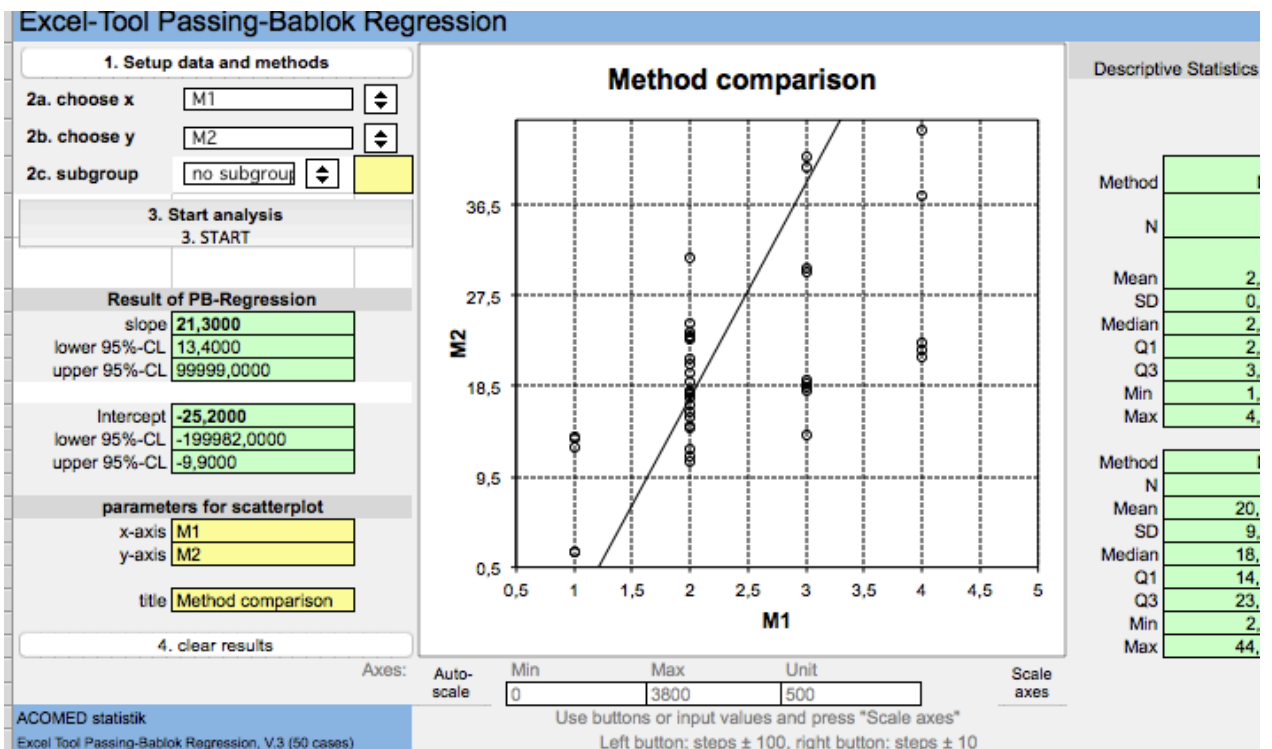
Figura 4. Comparación de las mediciones realizadas en el eje Y por la odontóloga (las mediciones en las imágenes 2D se codificaron a escala 0-5).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2=1+M1$  (Figura4), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal, codificada) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Y). El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de -2 a 1,50, y para la pendiente de 0,5 a 2. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2=M1$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

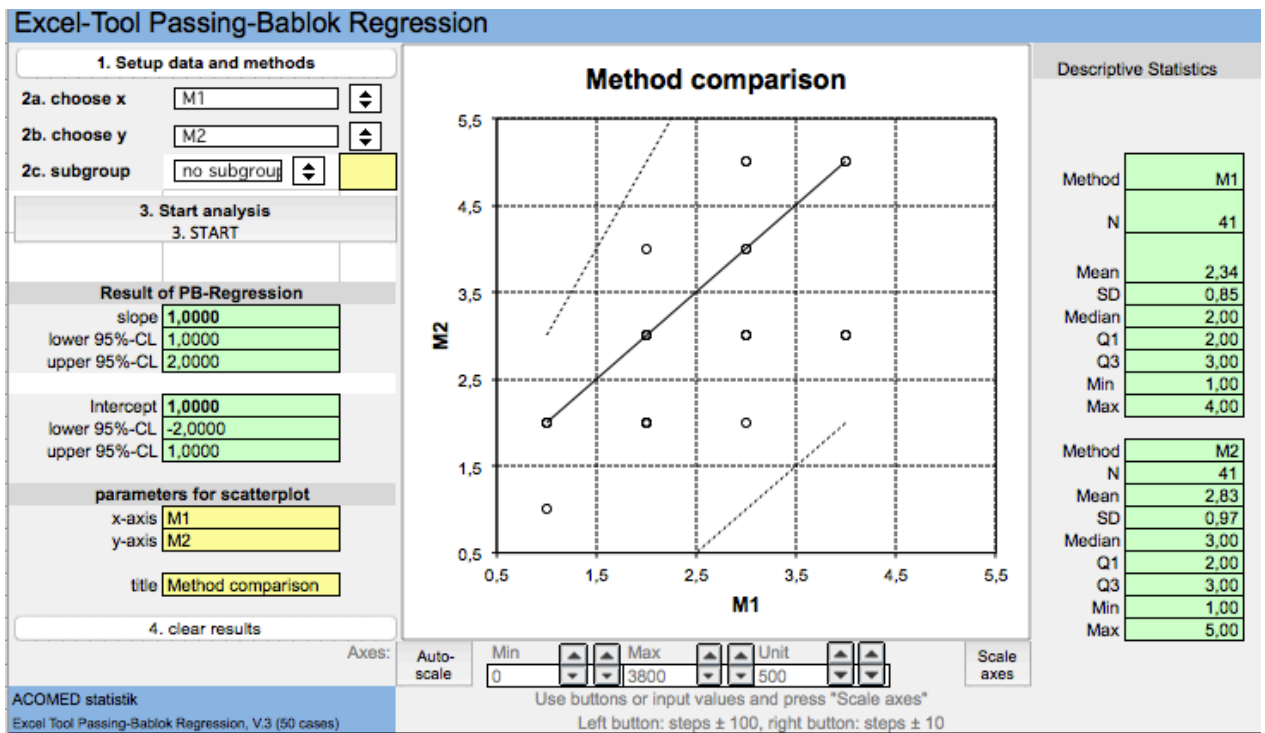
*Figura 5. Comparación de las mediciones realizadas en el eje Y por el ortodoncista(las mediciones en las imágenes 2D no se codificaron a escala 0-5).*





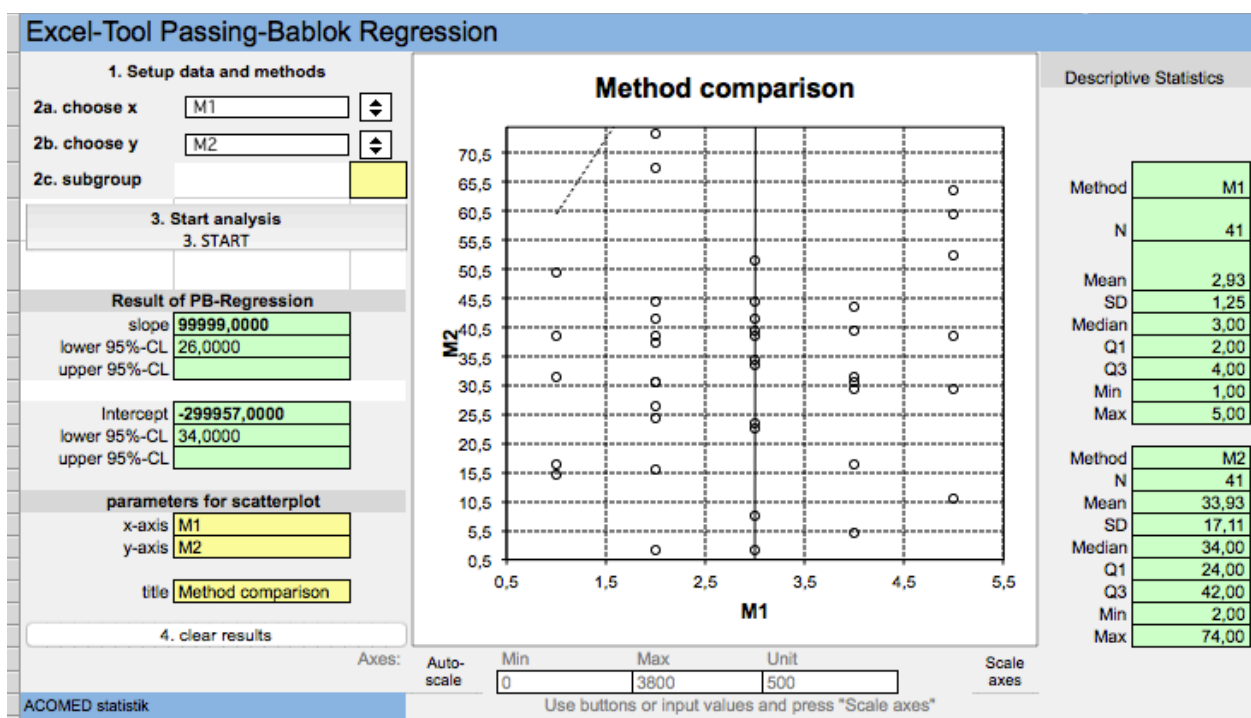
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2 = -25,20 + 21,30M1$  (Figura 5), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal sin codificar) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Y). El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de -199982,00 a -9,90 y para la pendiente de 13,40 a 99999,00. Como el intervalo de confianza no incluye ni el 0 para la constante ni el 1 para la pendiente podemos decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2 \neq M1$ , hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 6. Comparación de las mediciones realizadas en el eje Y por el ortodoncista(las mediciones en las imágenes 2D se codificaron a escala 0-5).



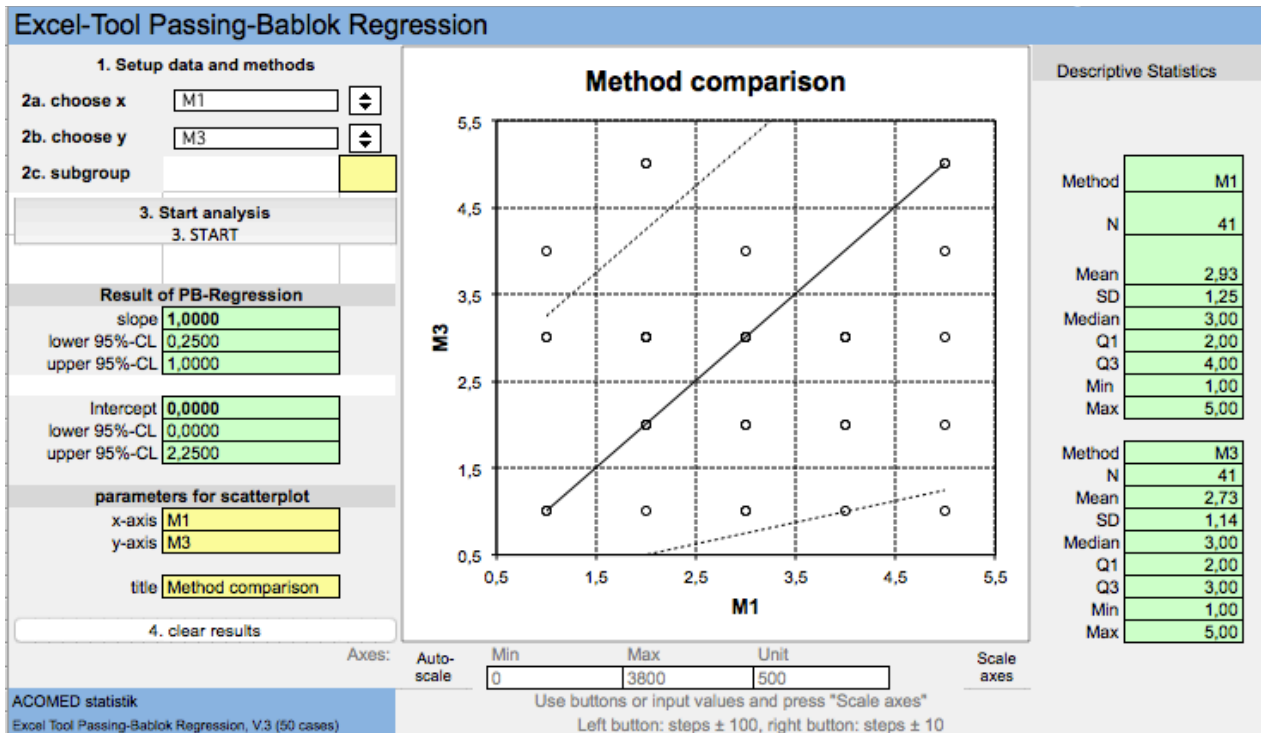
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2=1+M1$  (Figura 6), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal, codificadas) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Y). El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de -2 a 1 y para la pendiente de 1 a 2. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2=M1$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 7. Comparación de la angulación con las mediciones de la cúspide del canino en el eje Z por la odontóloga (las mediciones en las imágenes 2D no se codificaron a escala 0-5).



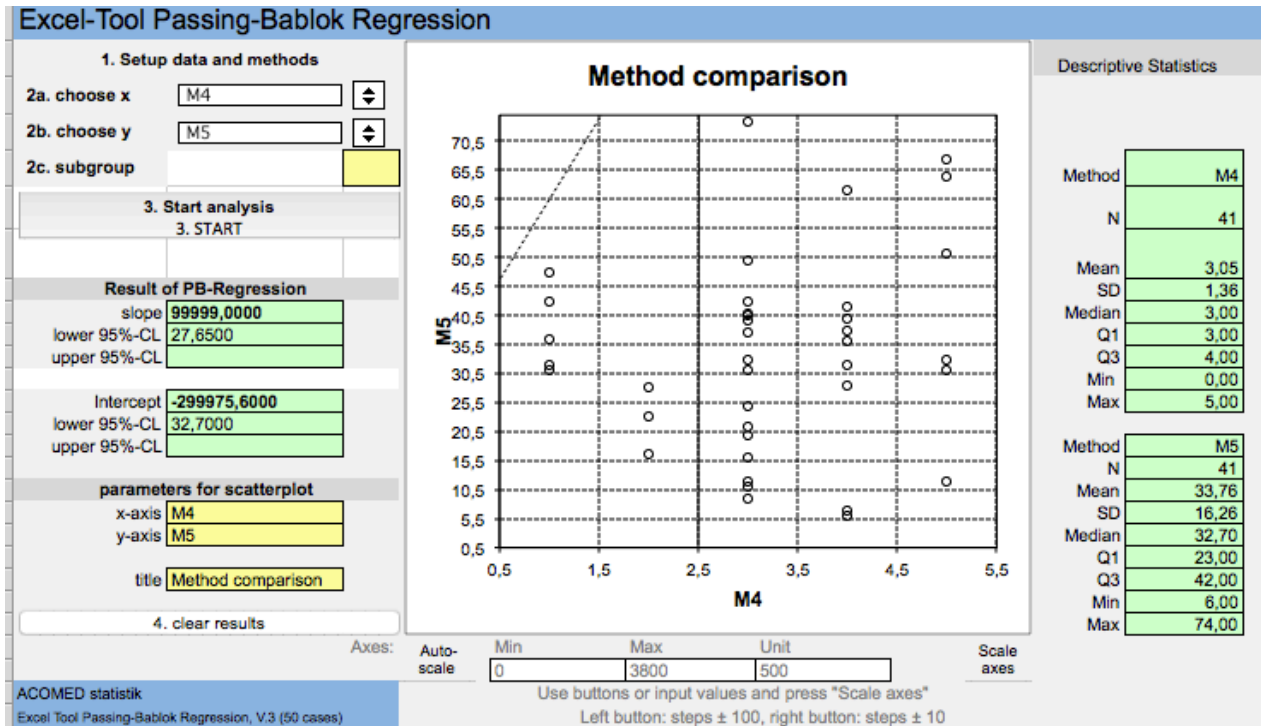
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2 = -2999957,00 + 99999M1$  (Figura 7), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Z). El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 34 a infinito y para la pendiente de 26 a infinito. Como el intervalo de confianza no incluye el 0 para la constante ni para la pendiente podemos decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2 \neq M1$ , hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 8. Comparación de la angulación con las mediciones de la cúspide del canino en el eje Z por la odontóloga (las mediciones en las imágenes 2D se codificaron a escala 0-5).



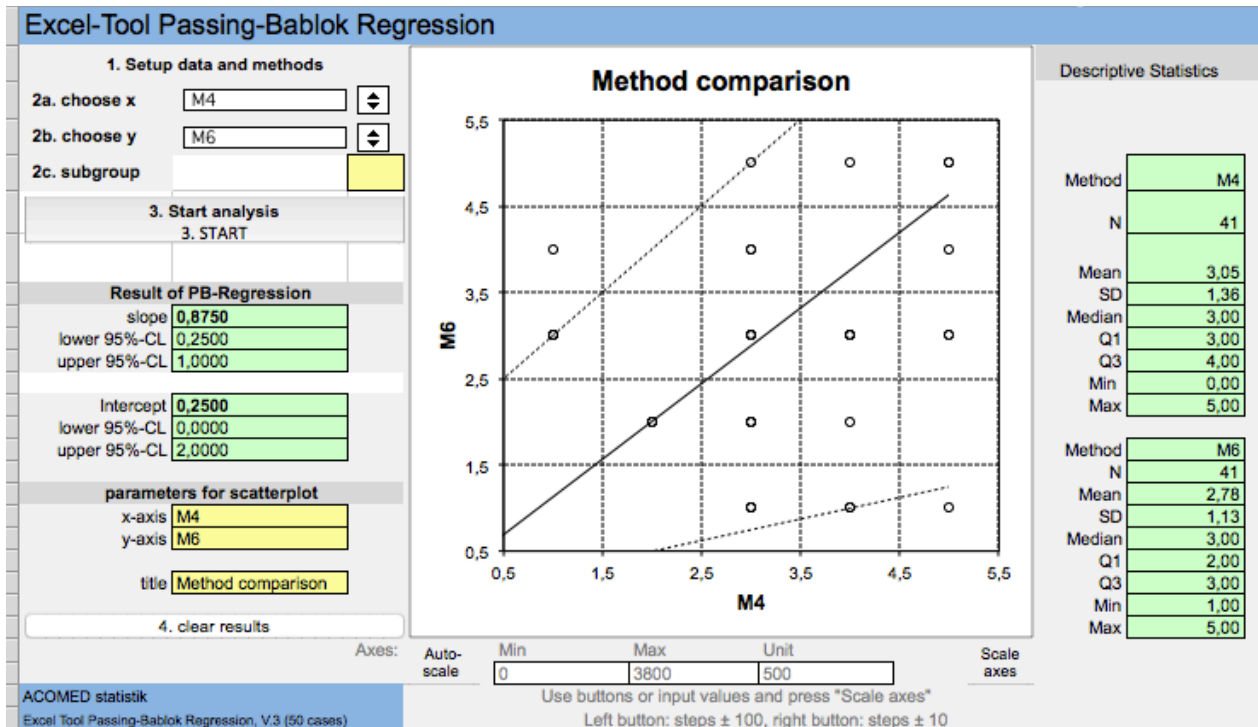
La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M2=M1$  (Figura 8), siendo M2 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino incluido, codificada) y M1 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Z). El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 0 a 2,25 y para la pendiente de 0,25 a 1. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y el valor 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2=M1$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 9. Comparación de la angulación con las mediciones de la cúspide del canino en el eje Z por el ortodoncista (las mediciones en las imágenes 2D no se codificaron a escala 0-5).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M5 = -299975,60 + 99999M4$  (Figura 6), siendo M5 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino) y M4 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Z). El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 32,7 a infinito, y para la pendiente, de 27,65 a infinito. Como el intervalo de confianza no incluye el 0 para la constante ni el 1 para la pendiente podemos decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2 \neq M1$ , hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

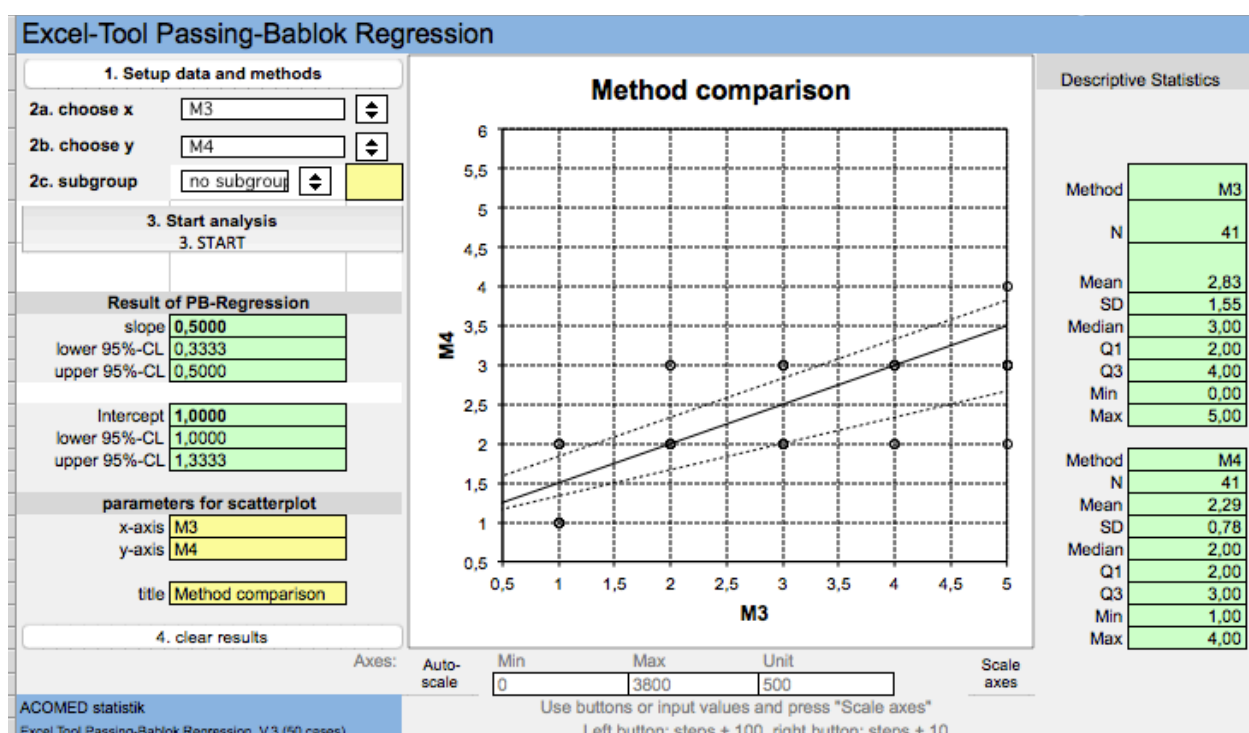
Figura 10. Comparación de la angulación con las mediciones de la cúspide del canino en el eje Z por el ortodoncista (las mediciones en las imágenes 2D se codificaron a escala 0-5).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M6=0,25+0,875M4$  (Figura 10), siendo M6 las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (angulación del canino, codificada) y M4 las mediciones en las imágenes en 3D (Posición de la cúspide en el eje Z). El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 0 a 2 y para la pendiente de 0,25 a 1. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M2=M1$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

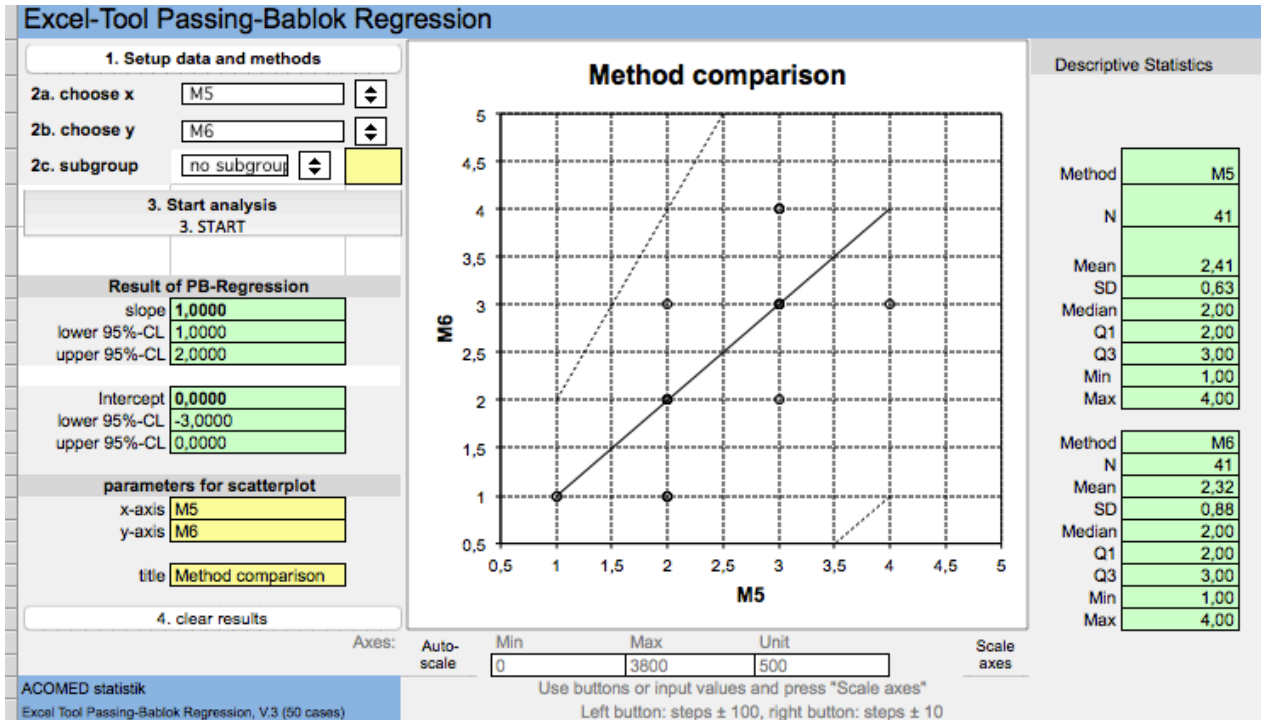
## GRADO DE ACUERDO ENTRE MEDICIONES 3D

Figura 11. Comparación del valor del índice KPG original y modificado realizado por la odontóloga (3D).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M4=1+0,5M3$  (Figura 11), siendo M4 el valor del índice KPG modificado y M3 el valor del índice KPG original. El intervalo de confianza del 95% para la constante fue de 1 a 1,33 y para la pendiente de 0,3 a 0,5. Como el intervalo de confianza no incluye el 0 para la constante ni el 1 para la pendiente podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M4 \neq M3$ , es decir, hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.

Figura 12. Comparación del valor del índice KPG original y modificado realizado por el ortodoncista(3D).



La ecuación resultante para el análisis de regresión de Passing y Bablock fue:  $M6=0M5$  (Figura 12), siendo M6 el valor del índice KPG modificado y M5 el valor del índice KPG original. El Intervalo de confianza del 95% para la constante fue de -3 a 0 y para la pendiente de 1 a 2. Como el intervalo de confianza incluye el 0 para la constante y el 1 para la pendiente podemos decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el valor obtenido y el valor 0 para la constante y 1 para la pendiente. En este caso asumimos que  $M4=M3$ , no hay diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos.



## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Discusión de nuestro material y métodos

#### 6.1.1. Sujetos participantes

En nuestro estudio hemos incluido 27 pacientes con determinadas características. En cuanto a las **características demográficas** de los pacientes la muestra, se incluyeron pacientes de ambos sexos, siendo el ratio hombres mujeres en este estudio 1:1, en comparación con otros estudios en los que el ratio era 2:1 <sup>(1),(7),(9)(10)</sup>. En este estudio, no existían diferencias estadísticamente significativas entre el número de sujetos de sexo masculino con respecto al sexo femenino(*Tabla 1*).

Los pacientes procedían de dos clínicas: casi la mitad de la muestra (48,8% ) procedía del departamento de ortodoncia de la UCM, mientras que el 51,2% procedían de la clínica privada. Todos los pacientes de la muestra eran de raza caucásica, a pesar de que los registros se obtuvieron de diferentes centros, con el fin de evitar diferencias raciales, ya que la prevalencia de caninos incluidos en la población europea difiere de la prevalencia en otro tipo de poblaciones, como la población asiática <sup>(33)</sup>(*Tabla 2*). Además, con la prueba de Chi cuadrado no se observaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la frecuencia observada y la frecuencia esperada de la distribución de los pacientes. Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al lado de canino incluido(derecho o izquierdo) (*Tabla 3*). Por todo ellos, podemos afirmar que nuestra muestra era muy homogénea y balanceada respecto a los factores descritos.

En este estudio queremos comparar la eficacia cuantitativa de mediciones entre dos métodos radiográficos, por lo que ni la raza ni el sexo van a influir en los resultados. Quizás el sexo y la raza pueden actuar como factores influyentes y deben ser controlados en futuros estudios que relacionen la duración del tratamiento con el resultado obtenido de estos índices. Aunque algunos estudios previos, como el de Crescini<sup>(22)</sup>, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la duración del tratamiento activo ortodóncico y factores tales como la edad, el sexo de los pacientes o la localización anteroposterior del canino incluido, no existen estudios que comparen distintos grupos étnicos.

En cuanto a la edad, en la muestra se recogió la edad cronológica y dental de los sujetos. Otros autores como Baccetti<sup>(6)</sup> y Becker<sup>(13)</sup> defienden que la edad ósea es un indicador más exacto que la edad cronológica para determinar el desarrollo del paciente y por tanto la posibilidad de inclusión del canino. En este estudio no se determinó la edad ósea de los pacientes porque la edad no se consideró un factor influyente en los resultados. La determinación de la edad ósea mediante radiografía de muñeca o según la maduración cervical de la telerradiografía lateral de cráneo se puede proponer para futuros estudios en los que la determinación de la edad sea un factor influyente en los resultados. Con respecto a la edad dental y el tipo de dentición, en nuestra muestra, 16 pacientes se encontraban en dentición mixta segunda fase mientras que 11 presentaban dentición permanente. En cuanto a la edad cronológica, la edad media era de  $15,31 \pm 4,44$  años. El paciente de menor edad tenía 12 años y un mes, mientras que el paciente más adulto tenía de 32 años y 1 mes (*Tabla 4*). En algunos estudios, se ha determinado que la edad de erupción del canino maxilar es dependiente del sexo, siendo más temprana en mujeres que en varones con una variación de unos 3-4 años<sup>(1),(7),(6), (26)</sup>. Por ello, en este estudio también se ha relacionado la edad media de los individuos de la muestra con el sexo (*Tabla 5*). A diferencia de los estudios anteriores, los varones con caninos incluidos se encontraban en edades menores ( $15,39 \pm 4,31$  años) que las mujeres ( $17,17 \pm 6,69$  años), aunque no hubo diferencias significativas entre la edad de pacientes del sexo masculino con respecto al sexo femenino. La desviación típica fue mayor en el grupo de las mujeres, ya que en la muestra se recogieron mujeres desde los 31 años hasta los 12 años. Dos mujeres presentaron valores de 28 y 31 años. La justificación del aumento edad media del grupo de las mujeres puede deberse a la presencia de estos valores atípicos..

Con respecto a las **características clínicas** de la muestra, se incluyen pacientes con caninos incluidos de forma tanto unilateral como bilateral. 15 pacientes presentaban inclusiones bilaterales, mientras que 12 presentaban inclusiones unilaterales. En comparación con otros estudios en los que la prevalencia de sujetos con inclusiones bilaterales es del 8%<sup>(3)</sup>, en este estudio la prevalencia de inclusiones bilaterales superó el 50%. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las retenciones en el lado derecho o izquierdo, ya que el 51,2% de los caninos incluidos eran del lado derecho, siendo el 48,8% del lado izquierdo.

Hemos seguido un método de muestreo de casos consecutivos, para obtener una muestra representativa de la población accesible. La población accesible de este estudio estaba formada por pacientes procedentes del Máster de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la UCM y de una clínica privada, que presentaban registros radiográficos en 2D y 3D de caninos maxilares incluidos en el marco temporal desde 2008 hasta 2015. A su vez, esta población accesible es representativa de la población diana, por los amplios criterios de admisión que se aplican a los pacientes tanto del Máster de Ortodoncia como de la clínica privada participante en el estudio . Al representar la muestra la población diana, se puede decir que el estudio tiene validez externa.

#### 6.1.2. Tamaño muestral

En cuanto al **tamaño de la muestra**, hemos determinado la normalidad de la misma teniendo en cuenta los caninos como objeto de estudio, no los individuos. Ericson y Kurol <sup>(40)</sup> calculan las prevalencias de éxito de erupción del canino usando cada canino como unidad. Sin embargo, Baccetti recomienda no usar los caninos como unidad sino los pacientes, para evitar tasas de prevalencia altas. Además, Baccetti defiende el origen genético de la retención de los caninos de forma bilateral por lo que, como la causa genética que ha provocado la retención de ambos caninos es la misma para un mismo paciente, se deben considerar los pacientes como unidades y no los caninos<sup>(17)</sup> .

La muestra de este estudio es mayor de  $n=30$  ( $n=41$ ), por lo que, siguiendo la teoría de Laplace, las variables cuantitativas pueden ser utilizadas con test paramétricos sin la comprobación previa de los test de normalidad. Aún así, hemos realizado pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Saphiro Wilk, que comprueban la distribución normal de los datos. Como la prueba de Saphiro Wilk está indicada para muestras pequeñas, nos fiamos de los resultados de esta prueba para nuestro estudio. Excepto para la edad, para el resto de variables cuantitativas, la prueba de normalidad fue no significativa, es decir, que todas las variables a excepción de la edad siguen una distribución normal. Además, hemos encontrado estudios previos en los que la muestra no era superior a 30<sup>(62),(66)</sup> .

Al tratarse de un estudio transversal, y no longitudinal, no había posibilidad de abandono del estudio por parte de los pacientes, por lo que no hubo que ampliar la muestra, ni determinar posibles pérdidas de pacientes.

#### 6.1.3. Tipo de aparatología radiográfica usada

En nuestro estudio, los registros CBCT provinieron de dos equipos diferentes. En ocasiones no se pueden comparar los resultados entre diferentes estudios radiográficos ya que se emplea diferente aparatología. Se han estudiado las características de los aparatos de CBCT y su influencia en la obtención de las imágenes radiográficas. Hoffman definía la resolución del escáner por el tamaño del vóxel y su equivalente en imágenes en 2D, el píxel<sup>(74)</sup>. Del tamaño del vóxel dependen la calidad de imagen y el dato volumétrico, que influyen en posibles errores de medición. Cuanto más pequeño sea el vóxel, menor será la cantidad de material que use el ordenador para determinar el nivel de contraste de la imagen radiográfica<sup>(74)</sup>. Oberoi<sup>(62)</sup> relaciona también el tamaño del vóxel con la resolución de la imagen obtenida. Con el CBCT Mercu Ray (Hitachi Medical Corporation, Tokyo, Japan), Oberoi obtiene una baja resolución de la imagen y por tanto una menor capacidad diagnóstica, por lo que defiende el uso de otro tipo de CBCTs como Iluma (Imtec, Ardmore, OK, USA) y Accuitomo (J.Morita, Kyoto, Japan), con mejores resoluciones de vóxel que permiten un mejor diagnóstico. En 2013, Dalessandri y cols<sup>(71)</sup>, demostraron que la reproductibilidad del índice KPG no se veía influenciado por el tipo de escáner de CBCT utilizado, siempre que el tamaño del vóxel (0,3mm) y el corte (slice interval)1mm. fueran iguales. Dalessandri usó tres escáneres diferentes: Kodak 9500(0,3mm de vóxel, y corte de 1mm), Planmeca Promax Mid Scanner (0,2mm de vóxel y corte de 1mm) y Newtom QR-DVT 9000 (voxels 0,25x0,25x0,3mm y corte de 1mm). Este último CBCT (Newtom QR-DVT 9000) fue también empleado en otros estudios<sup>(33),(66)</sup>. Otros autores como Alqerban<sup>(52)</sup>, no observaron diferencias estadísticamente significativas en la obtención de imágenes entre dos aparatos diferentes de CBCT, es decir, las imágenes radiográficas obtenidas eran independientes de la aparatología con la que se realizaban. En otro estudio<sup>(57)</sup>, se incluyen imágenes radiológicas de diferentes centros radiológicos, con el fin de simular las condiciones diarias de la práctica ortodóncica en la que no todas las imágenes radiográficas proceden de un mismo centro, defendiendo la alta calidad de los

protocolos adoptados por diferentes centros radiológicos, que permiten obtener imágenes radiográficas con una baja incidencia de errores técnicos<sup>(71)</sup>.

En este estudio, las imágenes 3D de la facultad de ortodoncia se realizaron con un CBCT Next Generation Cone Beam 3-D ICAT , mientras que las imágenes 3D de los pacientes de la clínica privada se realizaron con un CBCT Vatech (Vatech, Seul , Corea del Sur). El tamaño de los vóxeles fue de 0,3mm y 0,206 mm y se visualizaron en diferentes softwares: ICAT y Ezimplant 3D Viewer respectivamente. Las diferencias obtenidas en las mediciones 3D, fundamentalmente en el eje Z, puede deberse a la diferencias entre este tipo de aparatos y el software de visualización del mismo.

En cuanto a la radiación emitida por los aparatos radiológicos, existen diferentes estudios, fundamentalmente con CBCT, que han tratado de reducir la dosis de radiación<sup>(33),(52),(62),(67),(71)</sup>. Con la reducción del tamaño de campo (field size), de la intensidad (mA) y el voltaje (kV), se puede reducir la dosis de radiación emitida por los CBCTs <sup>(33),(62)</sup>. Las dosis para CBCTs de FOV 12 fueron: 45 y 49 mSv para el CBCT New Tom3G ( Elmsford, NY,USA); 135 y 193mSv para el CBCT ICAT (Hartfield, PA,USA) y para el CBCT CB Mercuray. 477 y 558mSv <sup>(62)</sup> . También se comparó la dosis de radiación de diferentes tipos de CBCTs con la radiación emitida por las radiografías panorámicas y las series periapicales. Las dosis de radiación de diferentes CBCTs eran de 4 a 42 veces mayores que las dosis obtenidas mediante radiografías panorámicas(6,3mSv,13,3mSv) <sup>(62)</sup>.

En nuestro estudio se han utilizado radiografías panorámicas realizadas con una máquina Orthoralix, marca *GENDEX®*, de kV 60-90kV, intensidad 9-16 mA y tiempo de exposición de 12 segundos y una máquina PaX-i:PCH-2500 de la marca *Vatech®*, con voltaje de 50-90kV, intensidad de 4-10mA y entre 10,1 y 13,5 segundos de tiempo de exposición. Por otra parte, los CBCTS se realizaron con Cone Beam 3D dental Next Generation ICAT, de 120 kV, 5 mA y tiempo de exposición desde 5 hasta 26,9 segundos, y con un dispositivo Vatech, de 75 kV, 7 mA y tiempo de exposición de 24 segundos. En todo momento se respetó el principio ALARA (“*as low as reasonably achievable*”), por el que la dosis de radiación se redujo al nivel más bajo posible siguiendo un protocolo pediátrico (considerando la edad, peso y altura del paciente).

#### 6.1.4. Variables analizadas

Analizamos diferentes variables en función del tipo de imagen radiográfica: 2D o 3D. Al realizar las primeras mediciones, surgieron algunos desacuerdos a la hora de calibrar a los evaluadores, fundamentalmente en imágenes 3D, que se resolvieron antes de comenzar con las mediciones reales de los casos.

1. Para localizar el canino en el eje X, imaginamos todos los dientes alineados correctamente y medimos el punto cero en la posición ideal de erupción del canino. Realizamos mediciones de las áreas 1, 2 y 3 trazando líneas imaginarias paralelas que distaban la misma distancia entre ellas. Por ejemplo, si queríamos medir la posición en el eje X de la cúspide de un canino incluido y no había canino temporal o su posición estaba ocupada por un premolar, trazábamos la línea cero en la posición donde erupcionaría el canino de forma ideal, aún estando el premolar en esa posición y trazábamos las líneas restantes equidistantes a esa primera línea. O si existía un apiñamiento entre dos dientes, medíamos el ancho del diente y realizábamos líneas equidistantes que pasaran por la que sería la posición ideal de ese diente en la arcada.
2. Para observar con menor distorsión la “panorámica del paciente” realizamos un corte grueso (de 20mm) en el corte axial para que englobase desde la cara vestibular hasta lingual de los dientes de la arcada. Esto evitaba la distorsión y favorecía la localización de la posición de la cúspide y la raíz del canino sin perder las referencias de los dientes adyacentes.
3. Para medir la distancia en el eje Z en imágenes 3D, elegimos la menor distancia perpendicular desde el canino hasta su posición ideal en el arco dental. Además medíamos desde el punto más apical en el caso de la raíz y más oclusal en el caso de la cúspide del canino incluido.

En las **radiografías panorámicas**, analizamos la posición de la cúspide del canino en el eje X e Y. Al no existir eje Z, determinamos la angulación del canino con respecto a la línea media.

En cuanto a la localización del canino en el sector mesiodistal, se siguió la clasificación empleada por Ericson y Kurol<sup>(40)</sup>. A la hora de determinar los sectores, surgieron dificultades en pacientes con agenesia de los incisivos laterales (frecuente en pacientes con caninos incluidos), ya que su eje longitudinal es el que determina la división de los sectores 2 y 3. En el caso de agenesia de los mismos, es necesario por tanto realizar una línea imaginaria que simule la posición ideal del incisivo lateral. Esto disminuye la precisión de la medida. Además, puede existir trasposición o rotación del canino incluido, frecuentes en radiografías panorámicas, que dificultan la localización mesiodistal del mismo. Esta medida no determina la posición de la raíz a nivel mesiodistal, determinante para conocer la dificultad del tratamiento. Por ejemplo, si la cúspide y el ápice del canino se encuentran en el sector 5 en posición vertical, el canino es más fácil de tratar que otro canino cuya cúspide se encuentre en ese mismo sector(5) , pero con su ápice en el sector opuesto(1), encontrándose en una posición horizontal, en la que la dificultad del tratamiento del canino es mayor.

En segundo lugar, recogimos la distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal de forma numérica (para no perder información) y posteriormente clasificamos de forma categórica en posiciones fáciles o difíciles. Esta medida fue realizada por Ericson y Kurol <sup>(40)</sup> para determinar la dificultad del tratamiento de los caninos en las radiografías panorámicas y posteriormente Stewart<sup>(53)</sup> la categorizó en (fácil o difícil) . La principal dificultad al realizar esta medición fue la elección del plano oclusal de referencia, ya que este plano oclusal se encuentra definido por el borde incisal del incisivo central (IC) y la cúspide mesiovestibular (MV) del primer molar superior. Pueden existir pacientes en los que haya inclinaciones del IC así como superposiciones de la cúspide MV del primer molar, lo que dificulta la elección de un plano oclusal adecuado. Además, algunos adultos pueden tener ausencia de uno de los dientes que definen el plano oclusal, por lo que en estos casos sería necesario modificar las referencias del plano oclusal. Este método tampoco indica la posición de la raíz del canino incluido en sentido vertical, y no se puede comparar con las mediciones en 3D, aunque en este estudio, la medición de la raíz en el eje Y en 3D no tuvo significación clínica ya que se encontraba casi siempre por encima de las raíces de los dientes adyacentes (medición 0).

En cuanto a la angulación del canino, se determinaba la relación entre el ángulo del eje del canino y la línea media interincisiva. Ericson y Kurol <sup>(40)</sup> determinaron esta medida y posteriormente Crescini<sup>(22)</sup> la relacionó con la dificultad del tratamiento, siendo más difícil el tratamiento cuando las angulaciones eran mayores de 25°. La principal dificultad para medir este ángulo fue determinar con exactitud la posición de la cúspide y la raíz del canino, ya que se pueden encontrar en diferente plano transversal y pueden aparecer fuera del pasillo focal, apareciendo distorsionados.

Como desventaja de la medición de estas variables en 2D, encontramos dificultades relacionadas con los defectos propios de la técnica en 2D, tales como la ausencia de medición de la dimensión transversal Z y la existencia de artefactos que alteraban la calidad de la imagen y la información obtenida de la misma.

Como ventaja, al emplear el programa DICOM para visualizar las radiografías panorámicas, se disminuyó la magnificación de las radiografías y permitió su calibración. Además, pudimos usar herramientas tales como regla, mediciones y transportador, que mejoraron la exactitud de la técnica y la precisión.

En cuanto a las **mediciones realizadas en 3D**, se determinó la posición tanto de la cúspide como de la raíz del canino incluido en los tres planos del espacio: X, Y y Z. Se determinó la posición en el eje X siguiendo las indicaciones del índice KPG, aunque en el plano X hubo dificultades para determinar la posición ideal del canino (línea 0) en casos donde existía trasposición, ausencia del canino temporal o apiñamiento. En esas ocasiones, se imaginaba la posición ideal de erupción del canino en la arcada y se realizaban líneas equidistantes al mismo, disminuyendo la exactitud y precisión de la medición. Se observaron algunas deficiencias del índice KPG en el plano X, ya que se daban valores iguales sin tener en cuenta la posición mesial o distal del canino. Por ejemplo, la medición de la cúspide del canino que se encontraba distal al primer premolar, correspondía a 3, el mismo valor que si la cúspide se encontrara en la cara mesial del IL. Esta misma medición no reflejaba el grado exacto de dificultad del canino ya que es más complicado traccionar del canino cuya cúspide esté distal al 1°PM que aquel canino cuya cúspide esté mesial al IL. Por otra parte, este índice sí permitía posicionar mesiodistalmente la raíz del canino incluido y clasificarla en sectores del 0-5, aún con las mismas deficiencias que la clasificación de la cúspide.



En el eje Y se determinó la posición vertical de la cúspide y la raíz. Al medir la posición de la raíz, ésta se encontraba siempre por encima de los ápices del resto de dientes, ya que la raíz del canino se forma cercana a la órbita, siendo poco frecuente su posición más coronal. En este estudio, todas las mediciones del ápice en el eje Y midieron 0, por lo que no se pudo realizar la concordancia entre ambos observadores, ya que se tomó su valor como una constante. Por otro lado, la posición de la cúspide en el eje Y si seguía un orden lógico de 0 a 5 según su dificultad, correspondiendo el 5 a posiciones más apicales.

En cuanto al eje Z, la determinación de la posición tanto de la cúspide como del ápice dependían del programa de visualización empleado para cada CBCT y seguían diferentes protocolos para medirlos. Surgieron dudas que se resolvieron (vistas anteriormente), aunque las diferencias para medir su posición según cada visualizador disminuían la precisión de las mediciones.

Como ventaja, en las mediciones en imágenes tridimensionales se tuvieron en cuenta estudios anteriores en los que se habían resuelto dudas en cuanto a la medición del canino en los tres planos del espacio <sup>(71)</sup>, lo que mejoraba la exactitud de las mediciones. Además, se realizaron sesiones entre los operadores para establecer protocolos de concordancia entre ellos.

Como desventaja, el uso de diferentes visualizadores dificultaba la medición fundamentalmente de la posición de la cúspide y el ápice del canino en el eje Z, ya que se realizaba de forma diferente en función del tipo de software empleado. Esto disminuía la precisión a la hora de realizar las mediciones.

## 6.2. .Discusión de nuestros resultados

### 6.2.1. Concordancia intra e interobservador

#### Mediciones en 2D:

La concordancia intraobservador para las variables categóricas en 2D (distancia vertical de la cúspide/sector mesiodistal/angulación de los caninos) demostró ser perfecta(1,000) (*Tabla 11*) y la concordancia interobservador para esas mismas variables casi perfecta (*Tabla 8*). Esta alta concordancia puede deberse a la facilidad de asignar las mediciones en dos categorías (fácil/difícil), necesitando grandes discrepancias entre los valores para no coincidir en la clasificación. Para la medición de esas mismas variables de forma cuantitativa, se obtuvo una concordancia interobservador casi perfecta para las mediciones de la distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal y la angulación del canino (0,992 y 0,991 respectivamente) (*Tabla10*). La concordancia intraobservador fue casi perfecta para medir la distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal (0,997), y buena para determinar la angulación (0,700) (*Tabla 13*). El sector mesiodistal se midió como variable ordinal (0-5), consiguiendo una concordancia intraobservador perfecta(1,000) (*Tabla 12*) y una concordancia interobservador casi perfecta(0,926) (*Tabla 9*). La gran concordancia existente para las mediciones en 2D puede ser debida al uso del programa *Sakura Workstation® 2.0 SP1*(Konica Minolta, Tokyo, Japan). que permitió abrir las radiografías panorámicas en formato DICOM eliminando el grado de magnificación y consiguiendo su calibración. Además, este programa presenta herramientas de medición, tales como regla, transportador de ángulos, y zoom lo que permite realizar las mediciones con precisión y exactitud , minimizando la posibilidad de cometer errores.

#### Mediciones en 3D

En cuanto a las mediciones en 3D, se realizó la concordancia mediante el coeficiente Tau b de Kendall para variables ordinales. Para la posición de la cúspide del canino en el eje X, la concordancia inter e intra observador era buena (0,754 y 0,654 respectivamente) (*Tabla9/Tabla 12*). La concordancia interobservador para la posición de la raíz del canino en el eje X era mucho menor (0,590) que la concordancia intraobservador que era casi perfecta(0,802). Esto puede deberse a la existencia de diferente metodología entre ambos operadores a la hora de determinar la posición de la

raíz, ya que la concordancia entre el mismo observador era casi perfecta. A pesar de realizar un protocolo de medición previo a la realización de las mismas, se podría refinar. Por otro lado, la concordancia interobservador para determinar la posición de la cúspide del canino en el eje Y fue buena (0,784), siendo la concordancia intraobservador casi perfecta (0,857). La concordancia para la posición de la raíz del canino incluido en el eje Y no se pudo determinar ya que todas las mediciones correspondían al valor de 0, tomándose el valor de las mediciones como una constante (*Tablas 9 y 12*). Para la posición de la cúspide del canino en el eje Z, la concordancia interobservador fue buena, (0,685) y moderada para la raíz (0,424). Sin embargo la concordancia intraobservador para la posición de la cúspide y de la raíz del canino en el eje Z era moderada (0,552 y 0,587 respectivamente) (*Tablas 9 y 12*). La determinación del canino en el eje Z tuvo una concordancia intra e interoperador menor que en el resto de ejes. Esto puede ser debido al uso de dos tipos de software (ICAT y Ezimplant 3D Viewer) en los que difería la forma de medición en el eje Z. A pesar de que se realizó un protocolo para las mediciones en este eje, sería necesario usar el mismo software en futuros estudios que permitiera medir de la misma forma en el eje Z.

En cuanto al valor del índice KPG, se midió la concordancia para su valor ordinal (0-30) así como para su valor absoluto. El grado de concordancia encontrado entre los observadores para el valor ordinal del índice fue ligeramente mayor para el valor del índice KPG original (0,790) que para el valor del índice KPG modificado (0,773), aunque en ambos la concordancia interobservador era buena. (*Tabla 9*). En cuanto a la concordancia intraobservador para el valor del índice KPG, el grado de acuerdo era ligeramente mayor para el valor del índice KPG modificado (0,908) que para el valor del índice KPG original (0,887), indicando ambos una concordancia intraobservador casi perfecta. La concordancia inter e intraobservador para el valor absoluto del índice KPG fue casi perfecta (0,936 y 0,944 respectivamente) (*Tablas 11 y 13*). Por ello podemos decir que, a pesar de la moderada concordancia para determinar la posición del canino incluido en el eje Z, la concordancia para determinar el valor del índice KPG fue similar para ambos observadores. En cuanto a la clasificación del índice original o modificado, se observa un mayor acuerdo interobservador a la hora de clasificar los caninos según el índice KPG modificado en comparación con el índice KPG original, produciéndose la mayor parte de los errores entre operadores al clasificar los caninos en las categorías de fácil y moderado. Según Kau, la modificación del índice KPG permite

mejorar la concordancia interobservador, pero no la concordancia intraobservador, por lo que Kau proponía la clasificación de este índice para mejorar la concordancia interobservador <sup>(58)</sup>. Sin embargo, el acuerdo intraobservador para el índice KPG modificado fue menor que el acuerdo para el índice KPG original. Esto indica una dificultad de la operadora para clasificar los caninos según la modificación del índice KPG. Otro factor que ha podido influir en la menor concordancia intraobservador, al compararla con la interobservador, puede ser la formación y grado de experiencia de los dos evaluadores. Mientras que uno era un ortodoncista con varios años de experiencia, el otro era un odontólogo general con poca experiencia laboral.

#### 6.2.2. Análisis de Passing y Bablock

Hemos empleado el análisis de regresión de Passing y Bablock para estimar el acuerdo entre las mediciones realizadas con ambos métodos (2D y 3D). Se comparan las mediciones realizadas en cada eje del espacio (X, Y y Z) en los planos 2D y 3D para cada observador:

- **Comparación de las mediciones realizadas en el eje X en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (sector mesiodistal).**

La elección de variables para calcular la regresión de Passing y Bablock se realizó de forma arbitraria (mediciones en 2D como variable independiente y mediciones en 3D como dependiente). Esta elección no asume que los valores de una sean mejores que los valores de otra, y se podía haber elegido el orden inverso, siendo el resultado independiente del papel que jugaba cada variable. Hemos comparado las mediciones en el eje X realizadas en imágenes 2D y 3D por cada observador. En el caso de las mediciones realizadas por el ortodoncista, se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas para ambos métodos. Podemos decir que ambos métodos para medir la posición de la cúspide en el eje X son intercambiables (*Figura 2*). Sin embargo, en el caso de las mediciones realizadas por la odontóloga, existían diferencias entre las mediciones en 2D y 3D (tienen asociación lineal pero no son intercambiables). (*Figura 1*).

Como se ha mencionado anteriormente, la existencia de diferencias en función del observador a la hora de comparar las mediciones en el eje X demuestran la experiencia de cada uno de ellos, ya que el ortodoncista tiene experiencia previa en este campo, lo que le permitía realizar las mediciones con mayor exactitud que la odontóloga. Además, la medición en el eje X se trató de la primera medición, siendo más probable la aparición de errores. También se puede sumar la deficiencia (comentada anteriormente) del índice KPG para localizar la cúspide y el ápice en sentido mesiodistal, ya que se consideran sectores de igual dificultad aquellos que equidistan de la posición ideal del canino, es decir, si la cúspide se encuentra mesial al segundo premolar superior se considera como un canino de igual dificultad que aquel con su cúspide mesial al incisivo central. Esto difiere de la medición mesiodistal en 2D de Ericson y Kurol que establecen mayor dificultad del canino cuando se encontraba cerca de la línea media.

- **Comparación de las mediciones realizadas en el eje Y en las imágenes en 3D (posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D (distancia vertical de la cúspide al plano oclusal), codificando la variable distancia vertical en cinco categorías, y sin categorizar.**

En el eje Y, hemos comparado las mediciones en imágenes 2D y 3D realizadas por cada observador. Se realizó una conversión proporcional de la distancia vertical medida en mm en la radiografía panorámica en cinco categorías. También se compararon las variables sin categorizar. Cuando las mediciones en el eje vertical de la radiografía panorámica no se categorizaron, se obtuvieron tanto como para la odontóloga como para el ortodoncista diferencias entre ambos métodos (*Figuras 3 y 5*).

Cuando la distancia vertical medida en la radiografía panorámica se categorizó en cinco categorías (igual que las mediciones del eje Y en imágenes tridimensionales), no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos ni para la odontóloga ni para el ortodoncista. Podemos decir que ambos métodos para medir la posición de la cúspide del canino incluido en el eje Y eran intercambiables(*Figuras 4 y 6*).

- **Comparación de las mediciones realizadas en el eje Z en las imágenes en 3D(posición de la cúspide del canino) con las mediciones realizadas en las imágenes en 2D(angulación del canino), categorizando estas variables y sin categorizar.**

Hemos comparado las mediciones en el eje Z realizadas en imágenes 3D con la angulación del canino en 2D realizadas por cada observador. Se realizó una conversión proporcional de la angulación del canino incluido medida en grados (°) en la radiografía panorámica en cinco categorías y se observó su relación con la variable que medía la posición de la cúspide del canino en el eje Z en 3D. También se compararon las variables sin categorizar, es decir, el valor absoluto de la angulación con la posición del canino en el eje Z. Cuando las mediciones de la radiografía panorámica no se categorizaron, se obtuvieron tanto como para la odontóloga como para el ortodoncista diferencias entre ambos métodos. Ambos métodos no eran intercambiables (*Figuras 7 y 9*).

Sin embargo, cuando el valor de la angulación del canino se categorizó en cinco categorías (igual que las mediciones del eje Z en imágenes tridimensionales), no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos ni para la odontóloga ni para el ortodoncista. Podemos decir que ambos métodos para medir la posición de la cúspide del canino incluido a nivel transversal eran intercambiables(*Figuras 8 y 10*). Esto nos permite relacionar mediciones en radiografías panorámicas en 2D con la medición en los CBCTs del eje Z o transversal. Al no poder medirse este eje en las radiografías panorámicas, se estaba perdiendo información sobre la localización del mismo. Con este análisis se observa que es posible usar la angulación del canino medida en radiografías panorámicas como método sustitutivo de la medición de la posición del mismo en el eje Z. Este resultado es esperable si pensamos que un canino más horizontal (con un ángulo mayor respecto a la línea media interincisal), al proyectarse en un plano coronal, presenta una corona más alejada de la línea ideal de arcada (que es lo que se determina en la medición Z del índice KPG).

- **Comparación de la clasificación obtenida con el índice KPG original con la obtenida con el índice KPG modificado.**

Cuando se relacionó el índice KPG original con el modificado, según la clasificación realizada por la odontóloga, se determinó que había diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos. No existía correlación entre ambas mediciones (*Figura 11*). Sin embargo, cuando se relacionó el índice KPG original con el modificado según la clasificación realizada por el ortodoncista, se llegó a la conclusión de que no había diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos (*Figura 12*). Esto nos indica de nuevo que las diferencias entre observadores pueden ser debidas a la experiencia de cada uno, ya que el ortodoncista tiene mayor experiencia para determinar la posición de los caninos incluidos que la odontóloga.

### **6.3. Discusión con otros estudios**

Los caninos incluidos suponen un interesante reto para el ortodoncista, tanto desde el punto de vista diagnóstico como terapéutico<sup>(57)</sup>. Para elegir el tratamiento más adecuado, es necesario elaborar un buen diagnóstico de los caninos incluidos que determine la posición exacta y la dificultad de tratamiento de cada caso<sup>(3)</sup>. Como complemento al diagnóstico clínico, se ha indicado el uso de radiografías que determinen con mayor precisión la localización del canino incluido {S:2011ir}, siendo la radiografía panorámica la técnica más usada en la práctica diaria en el diagnóstico de caninos incluidos. Por ello, en este trabajo hemos decidido centrar nuestra atención en los índices desarrollados a partir de la OPG. Estos índices (posición vertical de la cúspide del canino, sector mesiodistal y angulación) usan las imágenes en dos dimensiones para cuantificar el grado de retención y la posición exacta de los caninos incluidos<sup>(22),(30),(53)</sup>.

El sector mesiodistal en que se encuentra la cúspide del canino incluido (medido en 2D) se ha empleado para determinar la duración y dificultad del tratamiento (sectores 3, 4 y 5 relacionados con mayor duración y dificultad de tratamiento) así como para predecir la posición anteroposterior de los caninos incluidos (sector 5 asociado a caninos retenidos por palatino) y la existencia de reabsorciones radiculares (mayor cantidad de reabsorciones radiculares de incisivos cuando los caninos se encontraban

retenidos en los sectores 3,4 y 5) <sup>(38),(40)</sup>. En este estudio, hemos obtenido una alta concordancia intra e interobservador para esta medida (*Tablas 9 y 12*). En el estudio de Dalessandri la concordancia intra e interobservador para esta medición también fue casi perfecta(entre 0,786 y 0,922), siendo mayor la concordancia interobservador tras una sesión en la que se solucionaban dudas de las mediciones en 3D<sup>(57)</sup>.

En cuanto a la posición vertical del canino, cuantificada en mm desde la cúspide del mismo hasta el plano oclusal, fue definida por muchos autores como un buen predictor de la dificultad y el grado de impactación del canino incluido <sup>(40)</sup>. En este estudio, obtuvimos una alta concordancia tanto intra como interobservador a la hora de cuantificar esta distancia vertical y categorizar al canino incluido según la misma (*Tablas 8,10 y 11,13*). La concordancia intraobservador para esta medida fue menor en el estudio de Dalessandri, ya que obtuvieron un acuerdo moderado(0,691). Sin embargo, la concordancia interobservador se aproximaba más a nuestros resultados, demostrando un acuerdo entre observadores casi perfecto(0,844).

La angulación del canino incluido medida en 2D, se ha empleado para determinar su posición anteroposterior, asociándose posiciones horizontales del canino con inclusiones por palatino. En un estudio de Katsnelson, se relacionó la angulación entre el eje del canino y el plano oclusal con la posición anteroposterior de los caninos, indicándose que aquellos caninos con angulaciones mayores de 65° tenían 26,6 veces más probabilidades de localizarse por vestibular que por palatino. Por ello, el conocimiento de la angulación del canino incluido con respecto a su plano oclusal permitía la elección del mejor acceso quirúrgico para cada uno de ellos<sup>(55)</sup>. En este estudio, también se puede asociar la angulación del canino incluido con su posición anteroposterior, aunque en este caso, la angulación es medida entre el eje longitudinal del canino y la línea media interincisiva. Por ello, se asocian mayores angulaciones a posiciones horizontales y por tanto a inclusiones del canino por palatino. Por el contrario, las inclusiones por vestibular se asociarían a angulaciones menores del canino. Esto es justo al contrario del estudio de Katnelson ya que medían el ángulo de forma diferente a nuestro estudio. Otros autores relacionaban el grado de angulación del canino con la decisión terapéutica tomada, eligiendo como tratamiento la alineación del canino cuando su angulación con respecto a la línea media era menor de 30°, es decir, relacionaban una menor angulación entre el eje del canino y la línea interincisiva con un buen pronóstico del canino<sup>(27)</sup>. En este estudio se toma la referencia de 25° definida por Crescini para considerar el canino incluido como fácil o difícil de tratar<sup>(22)</sup>. En la



medición de esta variable también observamos un alta concordancia inter e intraobservador (*Tablas 8,10 y 11,13*). Esta medida no se usó en el estudio de Dalessandri anterior, por lo que no podemos comparar la concordancia intra e interobservador con su estudio<sup>(71)</sup>.

En general, obtenemos una alta concordancia intra e interobservador en las mediciones en 2D. En otros estudios como los de Dalessandri<sup>(71)</sup> y Wriedt<sup>(27)</sup>, se obtenían valores menores de concordancia para mediciones en 2D cuando se comparaban los valores de concordancia obtenidos con imágenes en 3D. Asociaban estos resultados a la pérdida de exactitud de las radiografías panorámicas debido a errores tales como distorsión o magnificación, propios de proyecciones en 2D<sup>(71)</sup>.

Algunos autores han tratado de relacionar las mediciones realizadas en 2D entre sí. Chaushu<sup>(68)</sup> determinó que la exactitud de la localización vestíbulo lingual del canino incluido dependía de su posición vertical. Cuando la corona del canino incluido se posicionaba cerca del tercio coronal o medio, era más fácil determinar su posición anteroposterior. Sin embargo, las retenciones en las que la corona del canino se localiza en el tercio apical eran más difíciles de localizar<sup>(68)</sup>. Otros autores, como Dalessandri, no encuentran relación entre la posición vertical del canino incluido con respecto al sector mesiodistal<sup>(57)</sup>.

En la actualidad, gracias a los avances científico-técnicos, se han desarrollado nuevas técnicas diagnósticas radiográficas que permiten diagnosticar los caninos incluidos mediante imágenes en 3D <sup>(63-64)</sup>. El CBCT permite una descripción de la posición del canino en los 3 planos del espacio. Al igual que en las técnicas en 2D, se han desarrollado índices que tratan de cuantificar la retención de los caninos incluidos, en este caso basados en las tres dimensiones del espacio, como el índice KPG<sup>(58)</sup>.

El índice KPG es un método simple propuesto por Kau<sup>(58)</sup>, para localizar y asignar un grado de dificultad a los caninos incluidos maxilares usando el CBCT. Kau propuso este nuevo índice como método alternativo a las mediciones en 2D y realizó estudios posteriores para validar su uso en la clínica como herramienta diagnóstica. En nuestro estudio comparamos la concordancia intra e interobservador obtenida para el valor absoluto del índice KPG (original y modificado), obteniendo una concordancia intra e

interobservador casi perfecta ( 0,936 y 0,944 ), al igual que la concordancia encontrada en el estudio de Dalessandri, (0,956 y 0,989 respectivamente) <sup>(57)</sup>. Sin embargo, los valores de concordancia para el índice KPG que se obtuvieron en un estudio previo<sup>(71)</sup>, eran menores, demostrando que las situaciones anatómicas de cada canino podían ser interpretadas de forma diferente por cada operador cuando las medidas de referencia no se explicaban de forma exacta. Solo después de una sesión de calibración obtenían un acuerdo casi perfecto del índice KPG, demostrando la fiabilidad de este índice. En este estudio se puede explicar la alta concordancia obtenida para este índice debido a la existencia de un protocolo previo entre los dos operadores que seguía la resolución de dudas de estudios anteriores<sup>(71)</sup>.

Además, con nuestro estudio obtuvimos información más detallada de la concordancia ya que comparábamos las mediciones realizadas en cada plano, mientras que en el estudio de Dalessandri sólo se relacionó la concordancia para el valor total del índice KPG<sup>(71)</sup>. En nuestro estudio obtuvimos diferentes resultados en cuanto a las mediciones del índice KPG para determinar la localización de la cúspide y el ápice del canino incluido en cada plano, siendo menor la concordancia para determinar la posición de la cúspide y del ápice del canino incluido en el eje Z. Esto nos permitía conocer la concordancia obtenida en cada dimensión (X,Y y Z), del índice KPG observando menor concordancia para algunos planos, aunque la concordancia para el valor absoluto del índice KPG se mantenía como casi perfecta.

En nuestro estudio se establece también la concordancia tanto para el valor absoluto del índice KPG original como para el índice KPG modificado. Kau estableció una modificación para el índice KPG con el fin de validar su uso a nivel clínico. Kau realizó un estudio en el que se comparaba el nivel de acuerdo entre varios ortodoncistas para clasificar los caninos incluidos en función del índice KPG <sup>(59)</sup>. En ese estudio se defendía que la mayor parte de los errores se producían al clasificar los caninos en las categorías de fácil y moderado, siendo mayor el acuerdo para clasificar los caninos en las categorías de difícil y extremadamente difícil. Cuando se modificó el índice KPG, obtuvieron mayores acuerdos entre la percepción de los ortodoncistas de la dificultad del caso y el resultado obtenido. En nuestro estudio, la concordancia interobservador era mayor para el índice KPG modificado, al igual que en el estudio de Kau <sup>(59)</sup>. Sin embargo, no se obtenían los mismos resultados entre los observadores, ya que la

concordancia intraobservador para el índice KPG original era mayor que para el índice modificado, lo que puede ser explicado por la dificultad de la odontóloga, con menor experiencia, para clasificar los caninos de forma correcta según la modificación del índice KPG.

En comparación con la concordancia encontrada en las mediciones en 2D, la concordancia para medir en 3D fue menor, al contrario que en otros estudios, donde la concordancia es mayor en las mediciones en 3D <sup>(52),(57)</sup>. Puede ser debido a la falta de experiencia de la odontóloga para determinar las mediciones, siendo mas complejas en 3D que en 2D y aumentando por tanto la cantidad de errores en el mismo. En estudios anteriores <sup>(57),(71)</sup>, se observó que el acuerdo y reproducibilidad del índice KPG era mucho mayor después de realizar una sesión de calibración, ya que sin calibración previa se podían haber interpretado las situaciones anatómicas de forma diferente. Esto demuestra la necesidad de calibración de la odontóloga en este estudio, siendo necesario un mayor entrenamiento de la misma para mediciones en 3D. La diferencia en la concordancia de las mediciones en 3D también puede ser debido al uso de diferentes softwares que se emplearon para visualizar las imágenes en 3D, ya que eran necesarios dos protocolos diferentes aumentando el riesgo de errores. Dalessandri<sup>(71)</sup> ya demostró anteriormente una influencia del tipo de software en que se visualizaban las radiografías en los resultados del índice KPG. Con un software (*Kodak Dental Imaging 3D module*) observaron mayor exactitud de los valores en el eje Z que en los valores de los ejes X e Y en 3D. Por el contrario, el uso de otro software (*Planmeca Romexis*) permitía mayor exactitud de las mediciones en el eje X e Y que en el eje Z. En nuestro estudio usamos dos softwares diferentes en la medición de las variables en 3D: *ICAT* (Imaging Sciences International, Inc. Hatfield, Pennsylvania, EEUU) y *Ezimplant 3D Viewer* (Vatech, Seoul, Corea del Sur). Con ellos observamos diferencias en el eje Z. Esta variación puede ser explicada por la diferencia de metodología de ambos softwares a la hora de realizar las mediciones en cada plano. En ambos softwares existía la posibilidad de determinar el grosor de los cortes visualizados en la vista panorámica que facilitaba la evaluación en el eje X e Y del canino impactado. Sin embargo, en el eje Z, la medición con el software ICAT era más compleja, ya que necesitaba fijar de forma manual en el eje axial el punto en el que la medida del eje Z comenzaba y después mover el cursor del ordenador hasta alcanzar la medida final del mismo. Esto facilitaba la realización de errores en este eje. Por ello, podemos decir que el software en que se visualizan las

imágenes de CBCT puede influir en los resultados obtenidos de las imágenes. Por otro lado, la gran concordancia existente para las mediciones en 2D puede ser debida, como he mencionado anteriormente, al uso del programa *Sakura Workstation® 2.0 SP1* (Konica Minolta, Tokyo, Japan). que permitió abrir las radiografías panorámicas en formato DICOM eliminando el grado de magnificación y consiguiendo su calibración.

Existen estudios que han establecido la existencia de diferencias cualitativas con respecto a la modalidad radiográfica empleada. Bjerklin y Ericson<sup>(8)</sup>, demostraron que hasta el 43,7% de los planes de tratamiento eran modificados tras realizar un examen radiográfico en 3D. Sin el examen en 3D, 11 pacientes con reabsorciones no habrían sido tratados y hasta 13 pacientes sin reabsorciones hubieran recibido tratamiento, de forma no adecuada. Wriedt a su vez identifica el 95% de los caninos incluidos mediante imágenes en 3D y sólo el 75% cuando usaba imágenes en 2D<sup>(27)</sup>. La información obtenida con CBCT es mayor que la obtenida con imágenes radiográficas convencionales, fundamentalmente a nivel de reabsorciones y en cuanto a la localización exacta del canino. En nuestro estudio queremos comprobar si a nivel cuantitativo, la eficacia del CBCT para determinar la dificultad del canino incluido también es superior a la eficacia de las OPG. Para ello comparamos las mediciones realizadas en ambas dimensiones. Al comparar las mediciones entre 2D y 3D, se tuvo en cuenta solo la medición de la cúspide del canino.

A nivel mesiodistal, hay que tener en cuenta la distorsión y magnificación presentes en la radiografía panorámica que llevan a realizar errores en este plano. Si el canino incluido se encuentra dentro del pasillo focal y no tiene una angulación vestibulo palatina exagerada, el error de medición a nivel mesiodistal será moderado<sup>(75)</sup>. Aún así, según un estudio de Mckee, la posición mesiodistal de los caninos en la radiografía panorámica difería de la posición real de los mismos hasta en el 61% de los casos de su estudio<sup>(75)</sup>. Por ello, decimos que la determinación de la posición mesiodistal de los caninos con la radiografía panorámica se debe determinar con precaución y conociendo la existencia de distorsiones en la imagen<sup>(57)</sup>. Dalessandri comparó la medición mesiodistal en 2D de Ericson y Kurol con el correspondiente índice KPG observando una relación entre ambas variables para determinar la dificultad de tratamiento. En nuestro estudio, cuando las mediciones fueron realizadas por el ortodoncista para el eje X, no se obtuvieron diferencias entre ambas mediciones, observando que ambos métodos (2D y 3D) eran intercambiables. Sin embargo, en su estudio, Dalessandri

comparó el valor absoluto del índice KPG con la medición en el eje X, por lo que la correlación entre ambas medidas no fue demasiado alta debido a que la posición de la cúspide del canino en el plano X era uno de los seis factores que el índice KPG consideraba, por lo que la contribución de esta medida al valor del índice KPG total podía verse enmascarada por los valores de las otras cinco mediciones <sup>(57)</sup>. En otro estudio, Haney<sup>(67)</sup>, también observó un 21% de desacuerdo entre la posición de la cúspide del canino en el eje X medido en 2D y 3D. Todo ello puede explicar la falta existencia de diferencias estadísticamente significativas en el caso de las mediciones en 2D y 3D en el eje X realizadas por la odontóloga(*Figura 1*).

Se comparó la posición de la cúspide del canino en el eje Y en el CBCT con su correspondiente en 2D(distancia vertical de la cúspide del canino incluido al plano oclusal), y observamos que ambas medidas eran intercambiables, probando que ninguna es mejor que otra a la hora de predecir la dificultad de tratamiento del canino incluido(*Figuras 4 y 6*). Dalessandri<sup>(57)</sup> observó también una relación entre estas dos variables aunque menor que la relación encontrada entre las mediciones del canino en el eje X. Otro estudio observó la relación en el plano vertical de mediciones 2D y 3D, observando que el 71% la posición de los caninos que se encontraban en la zona apical en 2D se confirmaba con mediciones 3D<sup>(27)</sup>.

Por otro lado, se relacionó la posición de la cúspide del canino en el eje Z en CBCT con la angulación del canino (medida en imágenes en 2D) y se obtuvo una relación entre ambas variables, resultado ser intercambiables para predecir la dificultad de tratamiento del canino incluido. Como se definía anteriormente, se había relacionado ya la angulación del canino incluido con su posición anteroposterior, aunque no existía ningún método que relacionara las mediciones en el eje Z con la angulación del canino medido en 2D. Este hallazgo permite compensar la falta de información de la tercera dimensión de las radiografías panorámicas. Con la angulación del canino se puede determinar y cuantificar la posición anteroposterior del mismo, habiéndose comprobado en este estudio la eficacia de esta medición con respecto a la medición en 3D en el eje Z. Otros estudios han comparado la posición vertical y mesiodistal de los caninos en 2D y 3D, pero en este estudio también llegamos a comparar la posición anteroposterior de los caninos en ambas proyecciones<sup>(57)</sup>.

En este análisis de regresión de Passing y Bablock de las variables en 2D y 3D comparamos las variables en 2D distancia vertical(mm)y la angulación(°) con sus respectivas dimensiones en 3D categorizando estas variables y sin categorizar y se observaron diferentes resultados. Se demostró que las medidas en 2D y 3D eran intercambiables siempre que estuvieran categorizadas de la misma forma. Tanto el valor absoluto de la distancia vertical(mm) como la angulación(°), necesitaban ser categorizados en el mismo número de categorías que las mediciones en el eje Y y Z en 3D con las que se comparaban. Cuando se comparaba el valor absoluto de las mediciones en 2D con sus respectivas mediciones en 3D se obtenía un modelo de regresión lineal en el que una medición era dependiente de la otra, no siendo intercambiables.

Estas mediciones realizadas tanto en 2D como en 3D pueden usarse por tanto para determinar y cuantificar el grado de dificultad de los caninos incluidos. Muchos autores han determinado la existencia de discrepancias a la hora de establecer un plan de tratamiento en función de si el diagnóstico se había llevado a cabo mediante OPGs(2D) o CBCTs(3D) <sup>(27),(67)</sup> consiguiendo mayor precisión del diagnóstico con CBCT. En un estudio se observó que en un 64% de los casos, la posición del canino incluido era la misma cuando se observaba mediante imágenes 2D y mediante imágenes en 3D <sup>(27)</sup>, destacando un mayor acuerdo entre las dos técnicas para diagnosticar caninos en posiciones palatinas. A su vez existía un mayor desacuerdo para localizar caninos cuando se encontraban en regiones más posteriores, debido a la existencia de distorsión en esta zona <sup>(27)</sup>. Es cierto que el CBCT es una herramienta diagnóstica que permite localizar con mayor precisión algunas estructuras, así como la reabsorción radicular de dientes adyacentes, la dilaceración del propio canino incluido y la posición mesiodistal exacta del canino <sup>(27)</sup>. Sin embargo, a la hora de cuantificar el grado de dificultad de tratamiento de los caninos incluidos, observamos en este estudio que no existe una prueba diagnóstica “gold standard”, ya que ambas mediciones(en 2D y 3D) son comparables. Una desventaja que hemos observado al relacionar las mediciones en de diferentes proyecciones, es que a la hora de establecer la dificultad del tratamiento se tiene en cuenta sólo la posición de la cúspide del canino, ya que los índices empleados en 2D no reflejaban la posición del ápice. Podría ser interesante reflejar mediciones en 2D sobre la posición del ápice del canino incluido, con el fin de cuantificar la dificultad de tratamiento del mismo en función de la cúspide y el ápice . Aún así, Wriedt en su

estudio observó que el ápice del canino incluido no se observaba con exactitud en imágenes en 2D mientras que sí se podía identificar en imágenes en 3D<sup>(27)</sup>. Es por ello, que quizás no se tiene en cuenta el ápice del canino incluido en mediciones en 2D, ya que es difícil de localizar con precisión.

La fiabilidad de las mediciones en nuestro estudio, tanto en 2D y 3D no dependía tanto del tipo de dimensión empleada sino de factores tales como la experiencia y la calibración de los operadores, el tipo de aparato de rayos X y el tipo de software empleado en las mediciones, que influían en la exactitud y precisión de las mismas. Cuando estos factores modificadores se controlan, se puede conseguir una alta concordancia y reproductibilidad de las mediciones, aumentando su exactitud y precisión para determinar el grado de dificultad de tratamiento del canino incluido.

Se pueden proponer futuros estudios que además de predecir la dificultad del tratamiento del canino, determinen la duración de tratamiento del mismo. Kau realizó un estudio en el que trataba de asociar los valores del índice KPG con la duración del tratamiento<sup>(60)</sup>. Sin embargo, el diseño del estudio y la existencia de factores difíciles de controlar influyeron en sus resultados limitando su validez. La existencia de factores que pueden influir en el desarrollo y duración del tratamiento (edad, la complejidad de la maloclusión, el número de citas en las que se le ha despegado los brackets, mantenimiento de la higiene oral, quejas del paciente y protocolo de tratamiento) se deben tener en cuenta a la hora de asociar la efectividad de estos índices con la duración del tratamiento<sup>(57),(60)</sup>. Para ello se deben desarrollar estudios prospectivos que tengan en cuenta y monitoricen todos estos factores que puedan influir en el desarrollo y duración del tratamiento con el fin de encontrar una relación entre la duración y la dificultad del tratamiento de caninos maxilares incluidos determinada por medio de estos índices.

## 7. CONCLUSIONES

**Conclusiones:** A continuación paso a enumerar las conclusiones obtenidas en este estudio:

1. Las mediciones usadas en ortopantomografías(2D) tales como la distancia vertical de la cúspide del canino al plano oclusal, el sector mesiodistal y la angulación del canino son medidas fiables para determinar la dificultad de tratamiento del canino incluido, con una alta concordancia tanto inter como intraobservador, que puede ser debido al uso de un software que mejora la imagen y a la mayor experiencia de los observadores en este tipo de proyección.
2. Las mediciones usadas en CBCT(3D) en las tres dimensiones del espacio(X, Y y Z mediante el índice KPG) son fiables para determinar la dificultad de tratamiento de canino, siempre que las imágenes se visualicen con el mismo software y se lleven a cabo por operadores experimentados y calibrados. El protocolo de medición, la calibración y experiencia del operador así como el tipo de software de visualización de las imágenes 3D, influyen en la reproductibilidad del índice KPG.
3. La fiabilidad inter e intraoperador en este estudio del método 2D fue mayor que en el método 3D aunque puede ser debido a la influencia de factores tales como la experiencia del operador o el uso de diferentes softwares para visualizar los CBCTS.
4. En cuanto al nivel de acuerdo de las mediciones en 2D y 3D, se observó una posibilidad de intercambio de métodos para las mediciones en el eje X, Y y Z . En cuanto a la angulación del canino medida en las OPG, permite cuantificar la posición del canino a nivel anteroposterior con la misma eficacia que las mediciones en 3D del eje Z, siempre que se categoricen las mediciones en la misma unidad de medida. Se observa que en las técnicas en 2D no se tenía en cuenta la posición del ápice del canino incluido por lo que es necesario proponer otras mediciones en esta dimensión que permitan relacionar la posición no solo de la cúspide del canino sino del ápice del mismo.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Naumova J, Kurol K, Kjellberg H. A systematic review of the interceptive treatment of palatally displaced maxillary canines. *European Journal of Orthodontics* 2011;33:143–9.
2. Crescini A, Nieri M, Buti J, Baccetti T, Pini Prato GP. Orthodontic and Periodontal Outcomes of Treated Impacted Maxillary Canines. *The Angle Orthodontist*. 2007;77(4):571–7.
3. Litsas G, Acar A. A Review of Early Displaced Maxillary Canines: Etiology, Diagnosis and Interceptive Treatment. *The Open Dentistry Journal* 2011;5:39–47.
4. Cooke J, Hom-Lay W. Canine Impactions: Incidence and Management. *The International Jprnal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2006 13;26(5):483–91.
5. Shapira Y, Kuftinec M. Unusual intraosseous transmigration of a palatally impacted canine. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2005;127(3):360–3.
6. Baccetti T. Risk Indicators and Interceptive Treatment Alternatives for Palatally Displaced Canines. *YSODO* 2010;16(3):186–92.
7. Ngan P, Hornbrook R, Weaver B. Early Timely Management of Ectopically Erupting Maxillary Canines. *Seminars in Orthodontics* 2005; 26(11):152–63.
8. Bjerklin K, Ericson S. How a Computerized Tomography Examination Changed the Treatment Plans of 80 Children with Retained and Ectopically Positioned Maxillary Canines. *Angle Orthodontist* 2006;76:43–51.
9. Richardson G, Russell K. A Review of Impacted Permanent Maxillary Cuspids. Diagnosis and Prevention. *J Can Dent Assoc* 2000;66:497–501.
10. Bishara SE. Clinical Management of Impacted Maxillary Canines. *Seminars in Orthodontics* 1988;4(2):87–98.
11. Jacoby H. The etiology of maxillary canine impactions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1983;84(2):125–32.
12. Becker A , Shaltiel S, Chaushu S. Maxillary tooth size variation in dentitions with palatal canine displacement. *European Journal of Orthodontics* 2002;24:313–8.

13. Becker A, Chaushu S. Dental age in maxillary canine ectopia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2000;117(6):657–62.
14. Becker A. Palatal canine displacement: Guidance theory or an anomaly of genetic origin? *The Angle Orthodontist* 1995;65(2):95–102.
15. Chaushu S, Zilberman Y, Becker A. Maxillary incisor impaction and its relationship to canine displacement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2003;124(2):144–50.
16. Peck S, Peck L, Kataja M. The palatally displaced canine as a anomaly genetic. *The Angle Orthodontist* 1994;64(4):249–56.
17. Baccetti T. A controlled study of associated dental anomalies. *The Angle Orthodontist* 1998;68(3):1–8.
18. Baccetti T, Leonardi M, Armi P. A randomized clinical study of two interceptive approaches to palatally displaced canines. *European Journal of Orthodontics* 2008;30:381–5.
19. Shalish M, Peck S, Wasserstein A, Peck L. Increased Occurrence of Dental Anomalies Associated with Infraocclusion of Deciduous Molars. *The Angle Orthodontist* 2010;80(3):440–5.
20. Kurol K. Impacted and ankylosed teeth: Why, when, and how to intervene. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2006;129(4):S86–S90.
21. Peck S, Peck L, Kataja M. Concomitant occurrence of canine malposition and tooth agenesis: Evidence of orofacial genetic fields. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2002;122(6):657–60.
22. Nieri M, Crescini A, Rotundo R, Baccetti T, Cortellini P, Prato GPP. Factors affecting the clinical approach to impacted maxillary canines: A Bayesian network analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010;137(6):755–62.
23. R Sacerdotti, Baccetti T. Dentoskeletal Features Associated with Unilateral or Bilateral Palatal Displacement of Maxillary Canines. *The Angle Orthodontist* 2004;74:725–32.
24. Kokich VG. Preorthodontic Uncovering and Autonomous Eruption of Palatally Impacted Maxillary Canines. *YSODO* 2010;16(3):205–11.
25. Nagpal A, Pai KM, Setty S Sharma G. Localization of impacted maxillary canines using panoramic radiography. *Journal of Oral Science* 2009;51(1):37–45.

26. McSherry P. The Ectopic Maxillary Canine: A Review. *British Journal of Orthodontics* 1998;25:209–16.
27. Wriedt S, Jaklin J, Al-Nawas B, Werhbein H. Impacted upper canines: examination and treatment proposal based on 3D versus 2D diagnosis Beurteilung der Einstellbarkeit verlagter oberer Canini – 3D-versus 2D-Diagnostik. *Journal of Orofacial Orthopedics* 2011;73:28–40.
28. Rossini G, Cavallini C, Cassetta M, Galluccio G, Barbato E. Localization of impacted maxillary canines using cone beam computed tomography. Review of the literature. *Annali de Stomatologia* 2012;3(1):14–8.
29. Bishara SE. Impacted maxillary canines: A review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1992;101:159–71.
30. Ericson S, Kurol K. Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1987;91:483–92.
31. Lai C, Bornstein M, Mock L, Heuberger BM, Dietrich T, Katsaros C. Impacted maxillary canines and root resorptions of neighbouring teeth: a radiographic analysis using cone-beam computed tomography. *European Journal of Orthodontics* 2013;35(4):529–38.
32. Sudhakar S, Patil K, Mahima VG. Localization of impacted permanent maxillary canine using single panoramic radiograph. *Indian Journal of Dental Research* 2009;20(3):340–5.
33. Liu D-G, Zhang W-L, Zhang Z-Y, Wu Y-T, Ma X-C. Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008;105(1):91–8.
34. Lüdicke G, Harzer W, Tausche E. Incisor inclination- Risk factor for palatally - impacted canines. *J Orofac Orthop.* 2008;69(5):357–64.
35. Basdra EK, Kiokpasoglou M, Stellzig A. The Class II division 2 craniofacial type is associated with numerous congenital tooth anomalies. *European Journal of Orthodontics* 2000;22:529–35.
36. Janson G, de Oliveira Baldo T. Complications of misdiagnosis of maxillary canine ectopic eruption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2012;142(2):256–63.

37. Al-Nimri K. Space conditions and dental and occlusal features in patients with palatally impacted maxillary canines: an aetiological study. *European Journal of Orthodontics* 2005;27(5):461–5.
38. Bin Yan, Sun Z, Fields H, Wang L, Luo L. Etiologic factors for buccal and palatal maxillary canine impaction: A perspective based on cone-beam computed tomography analyses. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2013;143(4):527–34.
39. Langberg BJ, Peck S. Adequacy of maxillary dental arch width in patients with palatally displaced canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2000;118(2):220–3.
40. Ericson S, Kurol K. Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *European Journal of Orthodontics*. 1988;10:283–95.
41. Brinn J, Solomon Y, Zilberman Y. Trauma as a possible etiologic factor in maxillary canine impactions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1993;104:132–7.
42. Becker A, Zilberman Y. Root length of lateral incisors adjacent to palatally displaced maxillary cuspids. *The Angle Orthodontist* 1984;54:218–25.
43. Rozylo-Kalinowska I, Kolasa-Raczka A, Kalinowski P. Dental age in patients with impacted maxillary canines related to the position of the impacted teeth. *The European Journal of Orthodontics* 2011;33(5):492–7.
44. Ericson S, Kurol K. Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption. *Community Dent Oral Epidemiol* 1986;14:172–6.
45. Botticelli S, Verna C, Cattaneo PM, Heidmann J, Melsen B. Two- versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *European Journal of Orthodontics* 2011;33:344–9.
46. Armstrong C, Johnston C, Burden D, Stevenson M. Localizing ectopic maxillary canines-horizontal or vertical parallax? *European Journal of Orthodontics* 2003;25:1–6.
47. Sambataro S, Baccetti T, Franchi L, Antonini F. Early Predictive Variables for Upper Canine Impaction as Derived from Posteroanterior Cephalograms. *The Angle Orthodontist* 2004;75:28–34.
48. Williams BH. Diagnosis and prevention of maxillary cuspid impaction. *The Angle Orthodontist* 1981;51:31–40.

49. Arai Y, Tammisalo E, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofacial Radiology* 1999;28:245–8.
50. Müssig E, Wörtche R, Lux CJ. Indications for Digital Volume Tomography in Orthodontics . *J Orofac Orthop* 2005;66(3):241–9.
51. Hofmann E, Medelnik J, Keller T, Steinhäuser S, Hirschfelder U. Measuring mesiodistal width of impacted maxillary canines with CT. *J Orofac Orthop* 2011;72(1):33–44.
52. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *European Journal of Orthodontics* 2011;33:93–102.
53. Stewart JA, Heo G, Glover KE, Williamson PC, Lam EWN, Major PW. Factors that relate to treatment duration for patients with palatally impacted maxillary canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2001;119(3):216–25.
54. Zuccati G, Ghobadlu J, Nieri M, Clauser C. Factors associated with the duration of forced eruption of impacted maxillary canines: A retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2006 ;130(3):349–56.
55. Katsnelson A, Flick WG, Susarla S, Tartakovsky JV, Miloro M. Use of Panoramic X-Ray to Determine Position of Impacted Maxillary Canines. *YJOMS* 2010;68(5):996–1000.
56. An S, Wang J, Li J, Cheng Q, Jiang C-M, Wang Y-T, et al. Comparison of methods for localization of impacted maxillary canines by panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42(8):20130129.
57. Dalessandri D, Migliorati M, Visconte L, Contardo L, Kau CH, Martín C. KPG Index versus OPG Measurements: A Comparison between 3D and 2D Methods in Predicting Treatment Duration and Difficulty Level for Patients with Impacted Maxillary Canines. *BioMed Research International*, vol 2014,Article ID 537620,8pages, 2014.
58. Kau CH, Pan P, Gallerano RL, English JD. A novel 3D classification system for canine impactions - the KPG index. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 2009;5:291–6.
59. Kau CH, Lee JJ, Souccar NM. The validation of a novel index assessing canine impactions. *European Journal of Dentistry* 2013;7(4):399–404.

60. SanMartínD, English JD, Kau CH, Gallerano RL, McGrory KR, Salas AM, et al. The KPG Index- A novel 3D Classification System for Maxillary Canine Impactions. *Texas Dental Journal* 2012. 129(3):265-74.
61. Mckee IW, Glover KE, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Major PW. The Effect of Vertical and Horizontal Head Positioning in Panoramic Radiography on Mesiodistal Tooth Angulations. *Angle Orthodontist* 2001;71:442–51.
62. Oberoi S, Knueppel S. Three-dimensional assessment of impacted canines and root resorption using cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;113(2):260–7.
63. Hatcher DC, Aboudara CL. Diagnosis goes digital. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2004;125(4):512–5.
64. Mah JK, Alexandroni S. Cone-Beam Computed Tomography in the Management of Impacted Canines. *YSODO* 2010;16(3):199–204.
65. Ericson S, Kurol K. Resorption of Incisors After Ectopic Eruption of Maxillary Canines: A CT Study. *Angle Orthodontist*. 2000;70(6):415–23.
66. Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2005;128(4):418–23.
67. Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ, et al. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010;137(5):590–7.
68. Chaushu S, Chaushu G, A B. The use of panoramic radiographs to localize displaced maxillary canines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1999;88:511–6.
69. Ericson S, Bjerklin K, Falahat B. Does the Canine Dental Follicle Cause Resorption of Permanent Incisor Roots?A Computed Tomographic Study of Erupting Maxillary Canines. *Angle Orthodontist* 2002;72:95–104.
70. Bjerklin K, Bondemark L. Management of Ectopic Maxillary Canines. *The Angle Orthodontist* 2008;78(5):852–9.

71. Dalessandri D, Migliorati M, Visconte L, Contardo L, Kau CH, Martín C. Reliability of a Novel CBCT-Based 3D Classification System for Maxillary Canine Impactions in Orthodontics: The KPG Index. *The Scientific World Journal*, vol 2013,Article ID 921234,7pages, 2013.
72. Sim J, Wright C. The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements *Phys Ther.*2005;85:257–68.
73. Passing H, Bablock W. A New Biometrical Procedure for Testing the Equality of Measurements from Two Different Analytical Methods. *J Clin Chem Clin Biochem.* 1983;21:709–20.
74. Hofmann E, Medelnic J, Keller T, Steinhäuser S, Hirschfelder U. Measuring mesiodistal width of impacted maxillary canines with CT. *J Orofac Orthop.* 2011;72(1):33–44.
75. Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2002;121(2):166–75.